



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS (CCA)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

JOÃO MARCOS MONTEIRO BATISTA
Zootecnista

**NÍVEIS E FONTES DE SELÊNIO EM DIETAS PARA PÓS-LARVAS DE TILÁPIA
DO NILO**

AREIA

2019

JOÃO MARCOS MONTEIRO BATISTA

Zootecnista

**NÍVEIS E FONTES DE SELÊNIO EM DIETAS PARA PÓS-LARVAS DE TILÁPIA
DO NILO**

Dissertação apresentada a Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de mestre em Zootecnia.

COMITE DE ORIENTAÇÃO:

Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal – Orientador Principal

Prof.^a Dra. Alda Lúcia de Lima Amâncio

Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B333n Batista, João Marcos Monteiro.

Níveis e fontes de selênio em dietas para pós-larvas de tilápia do Nilo / João Marcos Monteiro Batista. - Areia, 2019.

46 f. : il.

Orientação: Leonardo Augusto Fonseca Pascoal.

Coorientação: Alda Lúcia de Lima Amancio, José Humberto Vilar da Silva.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Desempenho. 2. Fibra muscular. 3. Peixes. 4. suplementação mineral. I. Pascoal, Leonardo Augusto Fonseca. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: "Níveis e Fontes de Selênio em Dietas para Pós-larvas de tilápia do Nilo"

AUTOR: João Marcos Monteiro Batista

ORIENTADOR: Leonardo Augusto Fonseca Pascoal

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal
Presidente
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. José Jordão Filho
Examinador
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Sílvia Braga da Fonseca
Examinadora
Universidade Federal de Campina Grande

Areia, 15 de março de 2019

DEDICATÓRIA

Aos meus eternos heróis meus pais Valdimir Alves Batista e Luciene Monteiro Batista, tudo que faço, é na tentativa de um dia retribuir, tudo que eles já fizeram por mim e ainda fazem, e por mesmo distante com a saudade apertando as vezes, ainda assim nunca deixaram de está ao meu lado todos os dias seja por ligações ou pelo pensamento, por isso e por muito mais eu dedico esses mestrado a eles.

AGRADECIMENTOS

Eu agradeço primeiramente ao meu pai supremo nosso senhor Jesus Cristo, por todo, teu auxílio nas horas difíceis e nos momentos bons, que com a fé e determinação estou conseguindo subi mais degrau na escada da vida, só tenha a agradecer a nosso Deus Jeová, por tudo na minha vida.

Agradeço imensamente aos meus pais Luciene Monteiro Batista e Valdimir Alves Batista, e aos meus irmãos Diogo Monteiro Batista e Valdimir Alves Batista Filho por todo apoio prestado a minha pessoa, com palavras e financeiramente, e não poderia deixar de agradecer ao ser mais lindo do universo, minha pequena princesa e amada filha Lorena Ferreira Batista, e a todos meus familiares que sempre me ajudaram com palavras de apoio, e que me ajudaram a obter maior dedicação, dando o máximo, para que eu conseguisse atender as expectativas dos mesmos, meu muito obrigado.

A minha namorada que conheci aqui na Paraíba durante o mestrado Rosangela Moraes Avelino, que foi fundamental para que conseguisse, encontrar forças quando já não havia mais, e é uma pessoa que eu admiro muito pela sua garra, dedicação para vencer as dificuldades encontradas no caminho da vida, agradeço muito por ela está, ligando as vezes só para perguntar se eu já teria terminado minhas obrigações ou até mesmo me lembra para que eu conseguisse terminar, pela paciência com minhas faltas de humor principalmente quando estou escrevendo algo, obrigado meu bem, amiga e companheira.

Aos meus amigos Alex Lopes, Leandro Guerra, Júlio Santos e aos que construir aqui em Solânea durante o mestrado Francivaldo Sousa, Chimenes Darlan, Gilmar Freire, Jorge Luiz Santos de Almeida, Jazyele Rocha, Jonathan Mádsen dos Santos Almeida, Jairo Janailton Alves dos Santos, Amanda Fabrício Dantas de Lima, Mário César de Lima, Vanessa da Costa Santos, Maria Pricila Ferreira Hermínio, Valéria Marinho Leite Falção, Deocleciano Cassiano de Santana Neto, Alex Ferreira (Mago), meu muito obrigado, só tenho a agradecer pela amizade de vocês.

Quero aqui agradecer ao meu orientador professor Leonardo Augusto Fonseca Pascoal que acreditou em mim, mesmo sem me conhecer aceitou o desafio de orientar, professor hoje eu levo muito aprendizado adquirido aqui com o senhor não só como profissional mas se também como exemplo de pessoa, sem contar que o senhor e o professor José Humberto Vilar da Silva, são os dois professores que eu sou fã, e levo vocês como fonte de inspiração pelos profissionais que são, sempre irei me espelhar em vocês dois.

A minha coorientadora a professora Dra. Alda Lúcia de Lima Amâncio, pelos ensinamentos e por ter me concedido o anexo com o sistema de recirculação com total confiança para a realização do meu experimento de mestrado. E também a Dra. Veruska Dalyanne Silva Gomes que foi como minha terceira orientadora, sempre que precisei ela estava lá no galpão do anexo de experimentação me auxiliando ajudando para que conseguisse obter êxito no meu trabalho, e sempre com muita humildade, um exemplo de pessoa e profissional, meu agradecimento.

Ao Núcleo de Estudo de Suínos e Coelhos (NESC), que mesmo eu trabalhando com espécie diferente da que o Núcleo de pesquisa trabalha, todos não mediram esforços para ajudar, eu agradeço em especial a Jorge Luiz Santos de Almeida, Jonathan Mádsen dos Santos Almeida e Jairo Janailton Alves dos Santos, em nome deles eu agradeço todos do NESC.

Ao Grupo de Estudo em Nutrição de Peixes (GENP), em especial a Jansen Coutinho, Piedade e Gisely Bezerra que me ajudaram no período experimental do início ao fim, em nome deles eu agradeço todos do grupo GENP.

À Universidade Federal da Paraíba, em especial ao Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) e Centro de Ciências Agrárias (CCA) e o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZ) pela infra-estrutura e apoio no desenvolvimento deste projeto. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Mestrado.

Ao professor Dr. Ricardo Romão Guerra, juntamente com Edjanio e por toda a ajuda nos procedimentos laboratoriais. A Márcio piscicultor pela doação das pós-larvas para a possível realização do experimento, agradeço a vocês de coração, palavras não pagam.

Aos professores da que compôs a banca de defesa Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal, Prof. Dr. Jose Jordao Filho e ao Prof. Dr. Sthelio Braga da Fonseca pela disponibilidade, atenção e pelas valiosas contribuições e orientações, dedicadas a este trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZ), Campus II - Areia/UFPB. Por fim a todas as pessoas que, direta ou indiretamente colaboraram com a realização deste trabalho.

A TODOS VOCÊS MEUS SINCEROS E SINGELOS AGRADECIMENTOS.

EPÍGRAFE

*Nunca saberemos o quão forte
somos até que ser forte seja a única
escolha.*

*Dificuldades preparam pessoas
comuns para destinos extraordinários.*

C.S. Lewis

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	IX
ABSTRACT.....	X
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	11
1. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
1.1. Nutrição mineral de peixes	13
1.2. Exigência de selênio para tilápias	15
1.3. Funções e metabolismo de selênio para peixes	17
2. MATERIAL E METODOS	21
2.1. Instalações, animais e dietas experimentais.....	21
2.2. Parâmetros de qualidade de água para cultivo de pós-larvas.....	23
2.3. Desempenho produtivo.....	24
2.4. Análise de fibra muscular.....	25
2.5. Análises estatística.....	26
3. RESULTADO E DISCUSSÃO	27
3.1. Desempenho produtivo	27
4. CONCLUSÃO.....	35
5. REFERENCIAS.....	36

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1. Composição centesimal e nutricional da dieta para pós-larvas de Tilápia do Nilo utilizada no ensaio.....	22
Tabela 2. Formulação de premix mineral isento de selênio.....	23
Tabela 3. Exigência de selênio para pós-larvas de tilápias do Nilo, com níveis e fontes de selênio, de acordo com os tratamentos experimentais.....	23
Tabela 4. Análise de água do sistema de recirculação de água utilizado no ensaio experimental com níveis e fontes de selênio para pós-larvas de Tilápia do Nilo.....	24
Tabela 5. Parâmetros de desempenho de pós-larvas de tilápias do Nilo alimentadas com duas fontes e diferentes níveis de selênio.....	27
Tabela 6. Avaliação de desempenho de pós-larvas de tilápias por contrastes, suplementadas ou não com selênio nas dietas.....	30
Gráfico 1. Contraste ortogonais sobre variáveis de desempenho de pós-larvas de tilápias suplementadas com fontes de selênio.....	31
Tabela 7. Mensuração de fibras musculares de pós-larvas com 30 dias de cultivo, recebendo suplementação de diferentes níveis e fontes de selênio na dieta.....	32
Figura 1. Fotomicrográficas de cortes transversais de musculatura dorsal, figura A (dieta controle), figura B (dieta com 0,9 mg de selenito de sódio) e figura C (dieta com 0,9 mg de selênio levedura)	34

BATISTA, J.M.M. **Níveis e fontes de selênio em dietas para pós-larvas de tilápia do Nilo.** 2019. P. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Orientador: Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. UFPB. Areia-PB. 2019.

RESUMO: Objetivou-se avaliar diferentes níveis e fontes de selênio em dietas para pós-larvas de tilápia do Nilo, sobre desempenho produtivo, morfologia da fibra muscular. Foram utilizados 1260 pós-larvas com peso médio inicial 0,010 g, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial com quatro níveis de suplementação de selênio (0,6; 0,9; 1,2 e 1,5 mg/kg de Se) e duas fontes (Selenito de sódio e Selênio levedura), mais um controle, total nove tratamentos e quatro repetições cada, e 35 pós-larvas distribuídos em cada aquários de fibra de vidro, total de 36 recipientes. Os parâmetros físico-químicos de qualidade da água, apresentaram-se dentro do recomendado para produção de tilápias. O desempenho produtivo não foi afetado ($p>0,05$) independentemente do nível e fonte de selênio nas dietas. No entanto, foi observado efeito da fonte de selênio levedura, com maior consumo de ração ($p<,0001$). Como também para o índice hepatossomático foi maior ($p<0,05$) para pós-larvas que receberam nas dietas selênio levedura. Já no fator dietas contendo fontes de selênio, comparadas a dieta controle verificou-se ($p<0,05$) nas variáveis altura final, largura final, taxa de desenvolvimento específico e taxa de eficiência proteica. O que não foi evidenciado ($p>0,05$) para morfometria da fibra muscular com suplementação de selênio. Conclui-se que na fase de pós-larvas de tilápias do Nilo, o nível de 0,6 mg de selênio / Kg de ração, independente da fonte a ser utilizada, é o suficiente para esta fase de desenvolvimento apresente um ótimo desempenho zootécnico.

Palavras-chave: Desempenho. fibra muscular. Peixes. suplementação mineral

BATISTA, J.M.M. Levels and sources of selenium in diets for post-larvae of Nile tilapia. 2019. P. Dissertation (Master in Animal Science). Privacy Policy | Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal. Graduate Program in Animal Science. UFPB. Areia-PB. 2019.

ABSTRACT: The objective was to evaluate different levels and sources of selenium in diets for Nile tilapia post-larvae, on productive performance, muscle fiber morphology. 1260 post-larvae with an initial average weight of 0.010 g were used, distributed in a completely randomized design, in a factorial scheme with four levels of selenium supplementation (0.6; 0.9; 1.2 and 1.5 mg / kg of Se) and two sources (sodium selenite and selenium yeast), plus one control, total nine treatments and four repetitions each, and 35 post-larvae distributed in each fiberglass aquarium, total of 36 containers. The physical-chemical parameters of water quality were within the recommended for the production of tilapia. Productive performance was not affected ($p > 0.05$) regardless of the level and source of selenium in the diets. However, the effect of the yeast selenium source was observed, with higher feed intake ($p < .0001$). As well as for the hepatosomatic index, it was higher ($p < 0.05$) for post-larvae that received selenium in yeast diets. In the factor diets containing selenium sources, compared to the control diet, it was found ($p < 0.05$) in the variables final height, final width, specific development rate and protein efficiency rate. What was not evidenced ($p > 0.05$) for muscle fiber morphometry with selenium supplementation. It is concluded that in the post-larvae phase of Nile tilapia, the level of 0.6 mg of selenium / Kg of feed, regardless of the source to be used, is sufficient for this development phase to present an excellent zootechnical performance.

Key words: Fish. mineral supplementation. muscle fiber. performance

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A tilápicultura teve início na década de 1970, com peixamento em reservatórios, já na década de 1980 iniciou-se a reprodução de alevinos para venda a produtores rurais, onde a principal espécie mais produzida no Brasil é a (*Oreochromis niloticus*). A tilápia é uma espécie de origem africana do gênero *Oreochromis*, com potencial produtivo em regiões tropicais, crescimento acelerado em alta densidade de estocagem, fácil adaptação em ambientes e alimentos diversos, resistente a enfermidades (MARTÍNEZ et al., 2015).

A larvicultura e alevinagem de peixes são descritas como as fases que compreendem desde a eclosão das larvas até o alevino de tamanho comercial, período que, entre outros, variam em função da espécie, temperatura e nutrição (MEURER et al., 2005). Estas são as fases mais importantes dentro da exploração racional piscícola, pois, é responsável pela obtenção de animais em quantidade e qualidade, para as etapas posteriores de criação. A nutrição adequada nesta fase exerce grande influência, sendo pré-requisito básico para o sucesso nas fases subsequentes de cultivo (HAYASHI et al., 2002). No entanto, apresenta alguns fatores críticos de ordem tecnológica limitante para o ótimo desempenho da espécie, voltado à nutrição, principalmente na fase de pós-larvas que exigem alta proteína e energia, entre outros nutrientes, para proporcionar boa conformação estrutural e condições imunológicas ideais (SCHULTER & VIEIRA FILHO, 2017).

Assim a suplementação mineral é fundamental nas dietas para peixes, para atender as exigências elevando a capacidade de absorção pelo trato gastrointestinal juntamente com a biodisponibilidade dos minerais, consequentemente melhorando desempenho dos peixes nas fases seguintes. Apesar da importância dos minerais para pós-larvas, ainda não foi evidenciado estudos na literatura com a suplementação de minerais para essa fase de pós-larvas. A intensificação dos sistemas de produção promove a limitação dos minerais, pode provocar ocorrência de deficiência. Por tanto, em sistemas intensivos se faz necessário suplementar selênio em dietas para pós-larvas (TAKAHASHI et al, 2017).

O selênio é um micromineral essencial em dietas para peixes, e atua como cofator de antioxidantes enzimáticos, na constituição da glutathione peroxidase, que doa elétrons para as moléculas que se encontram com número ímpar, ou seja, os radicais livres, evitando assim danos aos organismos. Juntamente com a superóxido dismutase constituem as principais defesas do organismo, protegendo os ácidos graxos contra os processos oxidativos (KUSS, 2005). Com função de detoxificar peróxidos transformando-os em água (NELSON E COX, 2008). O metabolismo do selênio, é influenciado por diversos fatores, inclusive, a estrutura química em

que ele está disposto, em geral a forma complexada com moléculas orgânicas é mais depositada no tecido, que a forma inorgânica (SURAI; SPARKS, 2000).

Seleniometionina é a forma orgânica comum na indústria, com fácil absorção pelos enterócitos através dos mecanismos de transporte ativo, expressa absorção em torno de 98%. Em contrapartida, as formas inorgânicas são absorvidas por transporte passivo com absorção, em torno de 90%. A absorção do selênio vai depender da fórmula química em que a fonte se encontra, onde o selenito de sódio é uma fonte muito mais purificada que o selênio levedura. Já o selênio levedura é um complexo de aminoácido, no caso a selenometionina e a selenocisteína ligado a uma molécula de selênio. Geralmente no selênio levedura encontra uma maior porcentagem de selenometionina no complexo, onde é menos purificado que selenito de sódio (SCHRAUZER, 2001). Portanto, a fonte a ser ofertada na dieta pode influenciar ao desempenho dos peixes.

O selênio é um elemento amplamente distribuído na natureza e é encontrado no ambiente na forma de selenatos (Se^{6+}), selenitos (Se^{4+}) e selenetos (Se^{2+}) e raramente como elemento selênio (Se^0). O selênio em sua forma orgânica é encontrado em quantidades traços na maioria das plantas e tecidos animais. O fato de os minerais complexados a moléculas orgânicas serem mais biodisponíveis que aqueles na forma inorgânica, têm sido evidenciados em alguns estudos (SPEARS, 1996). Além disso, alguns estudos superestimam os valores recomendados de selênio nas dietas para peixes, mesmo assim tem mostrado resultados satisfatórios, sem prejudicar a produtividade (FREMAUT, 2003). Nesse contexto o presente estudo objetivou-se avaliar diferentes níveis e fontes de selênio (Selenito de sódio e Selênio levedura) nas dietas de pós-larvas de tilápia do Nilo, avaliando o desempenho produtivo, índice hepatossomático e morfologia da fibra muscular.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Nutrição mineral de pós-larvas

Os minerais são nutrientes essenciais que exercem processos biológicos fundamentais no funcionamento do metabolismo, e mantem a higidez dos peixes no meio aquático, ou seja proporciona características saudáveis aos peixes que recebem em suas dietas os minerais devidamente balanceados e atendendo as exigências nutricionais da espécie.

Alguns desses minerais são absorvidos pelos peixes na água, como por exemplo o cálcio, ferro, magnésio, zinco, sódio, selênio, potássio e entre outros. Ao suplementar esses minerais pode proporcionar melhorias no desempenho produtivo dos animais, um exemplo é o selênio que atua no metabolismo animal, principalmente na redução dos peróxidos de hidrogênio que é um dos causadores de radicais livres nas células dos animais, e em virtude disso acarreta maior crescimento, e alto ganho de peso, por outro lado, a deficiência de selênio pode prejudicar essas variáveis, e reduzir a imunidade dos peixes, aumentando consequentemente as probabilidade dos peixes adoecerem.

No entanto, quando a suplementação de selênio ultrapassa de forma excessiva a exigência, pode trazer resultados negativos no ganho de peso dos peixes, essa redução está relacionada intimamente com a toxicidade primaria causada pelo selênio, que prejudica o processo de síntese proteica pela substituição do enxofre pelo selênio, quando houver a suplementação de aminoácidos sulfurados (LEMLY, 2002; GIMBO et al., 2011). Podendo apresentar enzimas de moléculas proteicas distorcidas e disfuncionais. As altas doses de selênio causam toxidez em peixes, devido a contaminação do ecossistema aquático, e consequentemente provocar depressão do crescimento ou até mesmo mortalidade dos peixes (GATLIN III e WILSON, 1984; GIMBO et al., 2011).

As fontes de selênio utilizadas nas dietas dos animais podem ser de duas formas inorgânica e orgânica. As formas inorgânicas são sais de selênio, os quais as plantas possuem a capacidade de absorver do solo e converte-los na forma orgânica: selenometionina (SeMet) e selenocisteína (SeCis), que podem ser incorporadas as proteínas. Por outro lado, os animais não conseguem sintetizar totalmente quando se apresenta neste formato, devido a menor biodisponibilidade da mesma para o organismo dos peixes. O selênio orgânico possui excelente potencial para depositar selênio no músculo, devido se apresentar em geral na forma de selenometionina (ZHAN, et al, 2007).

Em geral, o selênio orgânico e inorgânico apresenta diferentes vias de absorção e metabólicas em animais. A incorporação de selênio na dieta causa variados níveis de deposição,

fisiologia, respostas imunes e qualidade da carne em animais domésticos (LIN, 2014). A determinação das fontes de selênio em dietas para peixes foram das seguintes formas, onde as espécies inorgânicas de selênio foram determinadas na alimentação utilizando troca aniônica após extração com hidróxido de sódio, enquanto o selenometionina é determinado em ração de peixes usando troca aniônica após extração enzimática, já para determinar o selenocisteína é aplicado um passo de derivatização antes da extração enzimática para estabilizar esta espécie de Se para análise usando de fase reversa (GODIN et al, 2015; SELE et al., 2018).

O selênio é um oligoelemento essencial para a saúde humana e animal (SCHRAUZER, 2003; SURAI, 2006). Apesar de mais utilizado para suplementação de dietas, o selenito de sódio (selênio inorgânico) pode gerar uma grande produção de radicais peróxidos, causando estresse oxidativo pela reação de redução com a glutathione reduzida (SURAI, 2002), além de formar quelatos com outros minerais (GOWDY, 2004).

Em comparação com o selênio inorgânico, o selênio quelatado possui maior taxa de absorção, acumulação no tecido, biodisponibilidade antioxidante e menor toxicidade e poluição ambiental (VENDELAND, 1994). A selenometionina possui um excelente potencial para depositar selênio em tecidos e aumentar o estado antioxidante (ZHAN, et al., 2007). Dessa forma, a substituição do selênio inorgânico convencional por selênio complexado a molécula orgânica recebeu mais atenção, e vem sendo estudado a sua inclusão em dietas para animais (KELLY; POWER, 1995). Em comparação com a fonte inorgânica para promover o desempenho de crescimento semelhante em espécies de aquicultura. É geralmente aceito que o selênio orgânico (por exemplo, selenometionina) esteja mais prontamente disponível do que o selênio inorgânico (por exemplo, selenito de sódio) em peixes (JARAMILLO et al., 2009).

Godin et al. (2015), em estudo com alevinos de truta alimentadas com dietas contendo leveduras selenadas observou maiores concentrações de selenometionina em comparação com as dietas suplementadas com selenito. Além disso, a selenometionina é a principal espécie de selênio orgânico com maior suplementação em dietas para peixes, devido a origem de ingredientes como farinha de peixes ser rica na espécie de selênio levedura, onde representa de 28% a 41% de selênio total nas dietas para peixes (SELE et al., 2018).

A quelação de minerais tem se destacado na nutrição animal devido aumentar a absorção de minerais-traço, contido no alimento ingerido pelo mesmo. Em comparação com as fontes de sais inorgânicos, e minerais quelados a mesma molécula orgânica, ou seja, o mineral orgânico foi relatado obter maior biodisponibilidade em dietas práticas, impedindo a forte absorção de oligoelementos em colóides insolúveis. Isso devido os minerais estruturalmente

estáveis quelados serem menos sensíveis à ação inibitória do fitato em dietas práticas baseadas em plantas (BHARADWAJ et al. 2014). Por tanto, os animais aquáticos mostram uma melhor resposta com uma suplementação de elementos orgânicos sobre fontes inorgânicas (KATYA et al., 2016).

1.2. Exigência de selênio para tilápias

A exigência nutricional desse mineral varia com a fonte de suplementação utilizada, disponibilidade na dieta, concentração de ácidos graxos poli-insaturados e vitamina E no alimento, como também com o nível de selênio existente na água. O selênio da água absorvido pelas brânquias é estocado diretamente em vários tecidos, exceto no fígado, que o recebe via sangue, por meio da alimentação (PEZZATO et al., 2004).

Em dietas para peixes o selênio apresenta valores de exigência entre 0,2 a 0,5 mg/kg (STEFFENS, 1989). O selênio na forma de selenito, apresenta uma absorção frequente pelas brânquias, mesmo encontrando-se em baixas concentrações no ambiente aquático, assim a água pode favorecer parte do selênio que o peixe precisa, onde dificulta, portanto, a determinação das exigências desse mineral (NRC, 2011). O selênio está presente nos ecossistemas aquáticos originários de fontes naturais e antropogênicas (NAVARRO-ALARCON & CABRERA-VIQUE, 2008). Os níveis de selênio geralmente estão na faixa de 1 a 10 µg / L em água natural (SOHRIN & BRULAND, 2011).

No entanto, ainda observamos muitas controversas sobre o nível ideal de suplementação de selênio para peixes, como por exemplo o NRC (2011), sugeriu uma suplementação de 0,25 mg/kg para peixes. Vários estudos compilados sobre as exigências de minerais em peixes, serviram como referências para o presente estudo. No entanto observamos uma escassez de trabalhos que indique um nível de suplementação de selênio ideal para pós-larvas de tilápia.

Em um estudo realizado por, Lee et al. (2016) foi observado uma correlação positiva entre o crescimento de tilápia do Nilo e o nível de inclusão de selênio. Utilizando uma suplementação de selênio com um intervalo dietético de 0,3 a 2,06 mg / kg. Esse resultado foi semelhante ao observado em outro estudo, que suplementou níveis selênio entre 0,32 a 1,32 ppm (NGUYEN et al., 2019).

O nível de exigência de selênio para abalone (*Haliotis discus hannai*) (1,408 mg / kg) (WANG et al., 2012), pargo (*Acanthopagrus schlegelii*) (0,23 mg / kg) (LEE et al., 2008), truta arco-íris (*Salmo Gairdneri*) (0,15-0,38 mg / kg de dieta) (HILTON et al., 1980), bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) (0,25 mg / kg de dieta) (GATLIN & WILSON, 1984) e garoupa

(*Epinephelus malabaricus*) (0,7 mg / kg de dieta) (LIN & SHIAU, 2005) foram relatados. Por outro lado, poucos relatos sugeriram com um nível de inclusão maior que 9,16 mg / kg em abalone (WANG et al., 2012) sendo a suplementação de selênio com valores superiores ao supracitado tóxica aos peixes.

Segundo Takahashi et al. (2017), a suplementação de selênio para alevinos de peixes em um sistema intensivo de produção, com níveis de selênio levedura abaixo de 1,56 mg / kg na ração é possível de aumento do consumo, na perspectiva de atender exigência por selênio. Portanto, o aumento no consumo se faz necessário para prevenir ação imunossupressora do estresse oxidativo simultaneamente, e melhorar o desempenho e as respostas imunes e antioxidantes dos peixes. Lee et al. (2016), sugeriram níveis ideais de selênio em dietas para juvenis de tilápias acima de 1,06 e abaixo de 2,06 mg selênio / kg de ração, e consideraram o nível tóxico de selênio dietético entre 6,31 a 14,7 mg selênio / kg de ração. Kumar et al. (2019) evidenciaram uma menor mortalidade cumulativa, melhor crescimento e melhora no sistema imunológico nos peixes suplementados com níveis de 2 mg selênio / kg de ração, onde esses mesmos autores utilizaram suplementação de 1 e 2 mg selênio / kg de ração.

Monteiro et al. (2007), em estudo com matrinxã, utilizando duas dietas sem e com suplementação de 1,5 mg/kg de selênio na ração, evidenciaram resultados satisfatórios para os peixes alimentados com as dietas suplementadas com selênio. Os autores observaram também que os peixes que foram alimentados com a ração suplementada com selênio obtiveram um padrão de natação em círculo típico da espécie com comportamento adequando, enquanto os que não receberam selênio na dieta, apresentaram uma natação errática, além disso os peixes que não receberam selênio exibiram um comportamento mais agitado, e a partir dos 50 dias de arraçoamento os peixes que receberam ração ausente de selênio apresentaram canibalismo. Nesse mesmo estudo, os peixes que receberam 1,5 mg/kg de selênio obtiveram maiores no peso corporal, comprimento total, peso do fígado, ganho de peso e maior nível de hemoglobina, demonstrando assim, que a suplementação de selênio é de fundamental importância para nutrição de peixes.

Independentemente dos avanços na nutrição dos peixes, as informações sobre as exigências de minerais para a tilápia do Nilo, assim como para outros peixes, ainda são limitadas e fragmentadas. Isto é principalmente devido às complexidades decorrentes da capacidade dos animais aquáticos para absorver os minerais da água circundante e de alimentos naturais (algas, microcrustáceos, vermes e outros) disponíveis em ambiente de lagoa para

satisfazer parte das suas necessidades nutricionais, bem como da variação de requisitos em resposta à regulação de sal ou pressão osmótica (NGUYEN et al., 2019).

A quantidade excessiva de selênio pode ser muito tóxica para organismos aquáticos (LEMLY, 2002), encontrando-se em uma estreita faixa, entre necessidades e níveis tóxicos (KOBAYASHI et al., 2002). Quando é evidenciado em níveis ligeiramente acima da exigência homeostática, o selênio é considerado tóxico (ZHANG et al., 2014). Portanto, pode provocar efeitos de carcinogênese (próstata, fígado), citotoxicidade (bloqueio do ciclo celular e inibição do crescimento celular) e genotoxicidade (afetando o DNA) (SUN et al., 2014). A toxicidade do selênio não está relacionada apenas à sua similaridade química com o enxofre, e sim pela sua capacidade de ser substituída durante a montagem de proteínas, como também ao estresse oxidativo (LAVADO et al., 2012). As espécies de selênio, particularmente as inorgânicas, reagem com tióis e geram radicais livres de oxigênio que respondem pela toxicidade das células (MÉZES & BALOGH, 2009).

Selênio (Se) é um elemento traço essencial e tóxico com uma estreita margem de tolerância nos sistemas biológicos (WANG et al., 2012). A suplementação desse mineral apresenta uma elevada importância na nutrição dos peixes, no entanto, a exigência de selênio para cada espécie e cada fase de desenvolvimento das diferentes espécies de peixes, é que ainda precisa ser devidamente definida. Onde na literatura ainda há uma escassez de informações de exigência e do nível recomendado para as determinadas fase de cultivo dos peixes, como por exemplo na fase de pós-larvas, o desempenho dessa fase de larvicultura até alevinagem, é que vai determinar o bom desenvolvimento das outras fase, influenciar diretamente nas fase subsequentes, com isso a nutrição é pré-requisito básico para o sucesso posterior dos peixes até a fase final de abate, assim a nutrição exerce grande influência no desempenho do peixes.

1.3. Função e Metabolismo do Selênio para peixes

No metabolismo dos peixes alguns microminerais exercem participação na imunidade e na resistência a doenças. O selênio tem papel fundamental ativo no sistema imunológico, e assim proporciona redução nos riscos de infecção. Devido ao selênio ser um micromineral estimulante da proliferação de linfócitos B, além da produção de anticorpos, e consequentemente assegura um metabolismo adequado (NICOLAOU, 2000).

O selênio atua no desenvolvimento dos peixes, crescimento e manutenção da homeostase, ele também atua na proteção das membranas celulares e dos danos oxidativos, através da enzima antioxidante glutathione peroxidase, que provavelmente protege os neutrófilos

originados de oxigênio, os quais são produzidos para eliminar organismos estranhos (LIU et al., 2010). Esse mineral apresenta um grande potencial no sistema imune, devido ao selênio ser componente da proteína selenocisteína que participa das reações bioquímicas na célula. O papel do selênio na manutenção imunológica só é possível quando todas as funções das selenoproteínas são totalmente descritas (ARTHUR et al., 2003).

O selênio é incorporado como selenocisteína no sítio ativo de uma vasta gama de proteínas, em condições fisiológicas, a selenocisteína é quase completamente ionizada e consequentemente é considerado um catalisador extremamente eficiente. Tem sido sugerida a existência de cerca de 100 selenoproteínas em mamíferos, dessas, 15 foram purificadas e clonadas, permitindo um estudo aprofundado de suas funções biológicas (LI et al., 2018).

Entre essas selenoproteínas, incluem-se quatro enzimas glutathione peroxidase (GSH-Px). A GSH-Px1 que está presente na maior parte das células, em seguida a GSH-Px2, que se encontra majoritariamente nas células do trato gastrointestinal, sua função é de proteger os animais da toxidez dos hidroperóxidos ingeridos, a GSH-Px3 que é uma glutathione peroxidase extracelular, elimina peróxidos no fluido extracelular, é a única selenoproteína conhecida no plasma, e a GSH-Px4 que se encontra na membrana celular (ARTHUR & BECKETT, 1994). A GSH-Px4 detoxifica hidroperóxidos fosfolipídicos, e em conjunto com o d-alfa-tocoferol previne o dano oxidativo das membranas (BROWN; ARTHUR, 2001).

Como também o selênio ajuda na ativação das enzimas antioxidantes não enzimáticas a metalotioneína, funcionam como inibidores de radicais e redutores em conjugação com xenobiótico, apresentando-se como outros sistemas de defesa para desempenhar um papel essencial na proteção dos organismos aquáticos, como por exemplo, contra os efeitos da exposição a metais (FAGGIO et al., 2018).

Quando o sistema de defesa antioxidante é insuficiente ou inativo, leva danos oxidativos de biomoléculas importantes, como lipídios e proteínas, resultando em níveis mais elevados de peroxidação lipídica e proteína carbonil (MANOJ & PADHY, 2013). Poluentes ambientais como metais capazes de causar danos ao DNA diretamente pela ação do metal exposto em organismos aquáticos ou indiretamente, através da produção de ROS (Selênio ativo redox) nos organismos, por sua vez, as ROS têm a tendência de romper a estabilidade do DNA molécula (GOBI et al., 2018). Com isso podemos observar uma gama de efeitos positivos na suplementação de selênio em níveis adequados na dieta para peixes, em um sistema de produção.

O selênio é necessário para a prevenção das reações que resultam na destruição das membranas lipídicas de organelas vitais, como mitocôndrias e microssomos, no corpo animal. Na deficiência de selênio, os peróxidos podem se mover dentro de todos os segmentos celulares, reagindo com as membranas e causando danos severos às células e aos processos vitais. Partindo da premissa que mitocôndrias e microssomos (Ribossomos, etc.) agem na produção de anticorpos e outros mecanismos de defesa, fica claro que níveis adequados de selênio são importantes, além da prevenção de todos os sinais de deficiência, na proteção das organelas responsáveis por construir o sistema de defesa do animal contra doenças e outros tipos de desafios (OLIVEIRA, 2012).

A suplementação de selênio na alimentação de peixes é fundamental, visto que Ilham et al. (2016), em pesquisa utilizando níveis de 2,0 e 4,0 mg/kg de selênio na ração, com temperaturas de 21 e 26 °C, observaram que o conteúdo de selênio no músculo dos peixes apresentaram aumento significativo de 1,47 do tratamento controle para 2,33 e 2,86 mg / kg peso seco, à medida que o selênio aumentou na dieta. Isso por que o selênio desempenha um papel importante no metabolismo de aminoácidos e na incorporação de algumas proteínas, onde o mesmo é ligado organicamente como selenometionina e selenocisteína, portanto, é eficientemente absorvido em todo o trato gastrointestinal dos peixes. Embora a selenocisteína seja uma fonte mais disponível de Se para a síntese de selenoproteína, apenas a selenometionina é incorporada às proteínas do corpo (GROPPER et al., 2009). Estudos com peixes, comprovam que o tecido muscular é um dos principais locais de armazenamento de Selênio (BURK & HILL, 1993).

Além do músculo ser o principal local de armazenamento de selênio, análises histológicas com fibras necróticas nos músculos de peixes, evidenciaram que peixes que receberam suplementação de selênio nas dietas não apresentaram alterações na musculatura dos mesmos. Além disso, com realização de exames histopatológicos, foi observado 20,3% de lesões na musculatura esquelética dos peixes que não receberam em suas dietas a suplementação de selênio (ILHAM et al., 2016).

Em outro estudo Ilham et al. (2016) observaram que a deficiência de selênio para peixes provocou o aparecimento de sinais típicos de distrofia muscular nutricional, onde os mesmos atribuíram a deficiência de selênio, juntamente com a falsificação, desconexão e ruptura longitudinal das fibras musculares. No entanto, quando os peixes receberam em suas dietas a suplementação de selênio, foi observado no tecido dos peixes uma estrutura normal do músculo esquelético na seção transversal, apresentando, portanto, fibras musculares

arredondadas, densamente compactadas e uniformemente idênticas. Além disso, dietas sem suplementação de selênio causam notáveis alterações morfológicas no fígado de peixes, caracterizadas por variações na vacuolização de hepatócitos, com um aumento na quantidade de gotículas lipídicas.

O estresse oxidativo se estabelece no organismo quando a capacidade de neutralizar os radicais livres ou espécies reativas de oxigênio é reduzida devido à grande formação de tais agentes oxidativos. Alguns metabólitos são gerados no processo de oxidação, os quais podem ser utilizados como biomarcadores do estresse oxidativo (VICENT et al., 2008). Os marcadores são oriundos da oxidação de lipídios, proteínas e DNA, sendo a maior parte da formação oriunda da oxidação lipídica. Em diversos estudos o fígado tem sido apontado como um dos primeiros órgãos a sofrer danos oxidativos (ANTONPOULOU et al., 2013).

Os organismos apresentam alguns artifícios para combater as espécies reativas de oxigênio ou radicais livres, na tentativa de manter a integridade celular. Esses mecanismos podem ser classificados em enzimáticos e não enzimáticos. Dentre os não enzimáticos pode-se destacar algumas vitaminas, glutathionas, flavonóides, entre outros (REISCHL et al., 2007). Entre os agentes antioxidantes enzimáticos destacam-se as enzimas glutathione peroxidase, catalase, glutathione reductase, glutathione S-transferase, superóxido dismutase e glicose 6-fosfato desidrogenase (VAN DER OOST et al., 2003; REISCHL et al., 2007).

O selênio é um mineral que recebeu considerável atenção na nutrição animal, sendo um componente da enzima glutathione peroxidase (ROTRUCK et al., 1973). Esta enzima catalisa reações que são necessárias para a conversão de peróxido de hidrogênio e hidroperóxidos de ácidos graxos em água e álcool de ácidos graxos usando glutathione reduzida, protegendo assim as membranas celulares contra danos oxidativos. O selênio também demonstra regular a inflamação, respostas imunes, atividades antitumoral e hormônios tireoidianos em animais (KÖHRLE et al., 2000). Além disso, o selênio é um nutriente essencial para os peixes (LE & FOTEDAR, 2013). Nesse sentido a suplementação de fontes e níveis de selênio para pós-larvas de tilápias do Nilo se faz necessário, como já observado os benefícios do devido microelemento, quando suplementado nutricionalmente em dietas para os peixes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Campus III, Bananeiras-PB da Universidade Federal da Paraíba, e teve duração de 30 dias. O protocolo experimental N° 7153120220, foi aprovado pelo Comitê de Ética para Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal da Paraíba.

2.1. Instalações, animais e dietas experimentais

Para realização do ensaio de desempenho, foram utilizadas 1260 pós-larvas de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso vivo médio inicial de aproximadamente $0,010 \pm 0,002$ g provenientes de uma piscicultura comercial local. Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, com quatro níveis de suplementação de selênio (0,6; 0,9; 1,2 e 1,5 mg de selênio /kg de ração) e duas fontes de selênio (Selenito de sódio e Selênio levedura), mais um tratamento controle, totalizando nove tratamentos e quatro repetições. Foram elaboradas nove dietas experimentais, sendo as mesmas isoprotéicas e isoenergéticas.

As pós-larvas foram distribuídas em 36 aquários de fibra de vidro com um nível de água individual em cada aquário de 20 L, cada com 35 pós-larvas, numa densidade de 1,75 animais/L. Os aquários possuíam renovação contínua de água, através de sistema de recirculação de água individual para cada fonte de selênio, para evitar interferência das fontes, além disso cada sistema possuiu filtros biológicos, onde cada filtro obteve um período de maturação de um mês antes do início do período experimental. A temperatura da água foi mantida entre 25 a 27,51 °C através de aquecedores com termostato automático de 250 a 300 W acepet/risheng (220v). Toda água utilizada no experimento foi proveniente de poço artesiano.

O selênio levedura (YES-MINERALS SELÊNIO®) utilizado no ensaio apresentou as seguintes características: o produto é resultante da quelação de selênio com um complexo de aminoácido, proteína parcialmente hidrolisada, na dieta, com 2000 mg de Se/kg do produto). Enquanto o selênio inorgânico na forma de selenito de sódio, foi um produto comercial da empresa DINÂMICA®, apresentou uma concentração de 300.000 mg de Se/Kg do produto.

A dieta controle (Tabela 1) foi formulada de acordo com as recomendações nutricionais descritas por Furuya (2010), para todos os nutrientes, exceto os valores de selênio.

Para confecção das rações, os ingredientes foram moídos em um moinho tipo faca, peneirados com auxílio de uma peneira de 0,6 mm, misturados e adicionados 60 mg/kg do hormônio 17- α -metil testosterona, às rações.

Tabela 1. Composição alimentar e nutricional da dieta para pós-larvas de tilápia do Nilo

Ingredientes	g/kg
Vísceras de farinha de aves	35182,4
Milho grão	27285,3
Soja farelo 45%	17760,4
Peixe de farinha 60%	11664,8
Óleo de soja	7400,7
Premix Mineral	2500
Premix Vitamínico	2500
L-treonina	111
Ácido ascórbico	59,9
L-triptofano	35,6
Total	100,000
Nutriente	Quantidade
Energ. dig.peixes (kcal/g)	3,6000
Fosforo disponivel (%)	1,2514
Lisina total (%)	2,2000
Met.+cistina total (%)	1,3200
Metionina total (%)	0,7529
Proteína bruta (%)	38,0000
Selênio (mg/kg)	0,0788
Treonina total (%)	1,7000
Triptofano total (%)	0,4300
Vit. c (mg/kg)	600,0000

*Premix vitamínico: vitamina A – 5.000,0 UI.Kg⁻¹; vitamina B1 – 10 mg.Kg⁻¹; vitamina B2 - 10 mg.Kg⁻¹, vitamina B6 – 10 mg.Kg⁻¹, vitamina B12 – 20 mg.Kg⁻¹, vitamina C 100 mg.Kg⁻¹, vitamina D3 – 100,0 UI.Kg⁻¹, vitamina E – 50,0 UI.Kg⁻¹, vitamina K – 5,0 mg.Kg⁻¹, biotina – 0,05 mg.Kg⁻¹, niacina – 150 mg.Kg⁻¹, cloreto de colina – 2.000,0 mg.Kg⁻¹. Premix mineral foi formulado de acordo com as exigências propostas por Ferrari et al. (2004) para cobre; Kleemann (2002) para ferro, zinco e iodo; Hung et al. (2007) manganês; Yamamoto (2011) para cobalto; NRC (1993) para magnésio.

No início do experimento, um lote de pós-larvas foi retirado para realização da biometria inicial. As pós-larvas foram alimentadas diariamente com ração farelada, a qual foi ofertada à vontade sete vezes ao dia (08h00min, 09h30min, 11h00min, 13h00min, 14h30min, 16h00min e 17h30min). Diariamente foi realizada a sinfonagem do fundo dos aquários às 07h00min e 16h30min, antes da primeira e da última alimentação, respectivamente, substituindo-se cerca de 20% do volume total de água por cada sinfonagem.

Para a suplementação dos diferentes níveis de selênio nas dietas foram formulados suplementos minerais com as diferentes fontes e níveis de selênio e foram adicionados no mesmo nível na dieta de acordo com os tratamentos. E na dieta controle não houve suplementação de nenhuma de fonte de selênio no suplemento (Tabela 2).

Tabela 2. Formulação de premix mineral isento de selênio

Microminerais	Exigência (mg/kg)	Concentração (%)	Suplemento (g/25g)
Cobre	4,00	25,70	0,1556
Ferro	60,00	20,70	2,8986
Manganês	150,00	32,50	4,6148
Zinco	150,00	22,74	6,5963
Cobalto	10,00	21,91	0,4565
Magnésio	1,26	10,36	0,1216
Iodo	5,00	75,90	0,0659
Total de minerais (mg)/(g)			14,9093
Veículo (Caulim) (mg)/(g)			10,0907
Premix Mineral			25,0000

*Premix mineral foi formulado de acordo com as exigências propostas por Ferrari et al. (2004) para cobre; Kleemann (2002) para ferro, zinco e iodo; Hung et al. (2007) manganês; Yamamoto (2011) para cobalto; NRC (1993) para magnésio. E as fontes para os microminerais foram: Cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$); Ferro (FeCl_3); Manganês (MnSO_4); Zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); Cobalto ($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); Magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); Iodo (KI).

Tabela 3. Exigência de selênio para pós-larvas de tilápias do Nilo, com níveis e fontes de selênio, de acordo com os tratamentos experimentais

Fontes de selênio	Exigência (mg/kg)	Concentração (%)	Suplemento (mg/25g)
Selenito de sódio	0,6	30	20
	0,9	30	30
	1,2	30	40
	1,5	30	50
Selênio levedura	0,6	0,2	3000
	0,9	0,2	4500
	1,2	0,2	6000
	1,5	0,2	7500

*As exigências de selênio para suplementações, foram de acordo as recomendações as tabelas Brasileiras para nutrição de Tilápias, Furuya (2010). O selênio levedura apresentou uma concentração de 2000 mg de Se/kg de produto, e o selenito de sódio apresentou uma de 30.000 mg de Se/kg de produto.

2.2. Parâmetros de qualidade de água para cultivo de pós-larvas

Os parâmetros físico-químicos de qualidade de água, como pH, alcalinidade total, dureza e dióxido de carbono, foram mensurados semanalmente, no horário da manhã, enquanto a temperatura e oxigênio dissolvido foram determinados diariamente, durante o período experimental apresentaram-se dentro do recomendado para produção de tilápias (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de água do sistema de recirculação de água utilizado no ensaio experimental com diferentes fontes de selênio para pós-larvas de Tilápia do Nilo

Parâmetros	Fonte de Selenito de sódio			Fonte Selênio levedura		
	Semanas			Semanas		
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a
	Média ± desvio padrão					
OD (mg.L ⁻¹)	5,98 ± 0,39	6,25 ± 0,13	6,93 ± 0,46	5,80 ± 0,16	5,80 ± 0,23	6,63 ± 0,56
Temperatura (°C)	25 ± 0,82	27,25 ± 0,50	27,50 ± 1,00	25 ± 0,82	26,75 ± 0,96	27,51 ± 0,56
Ph	7,95 ± 0,17	8,1 ± 0,22	7,86 ± 0,17	8,1 ± 0,00	7,93 ± 0,15	7,92 ± 0,09
Alcalinidade total (mg/L)	37,5 ± 11,21	34,75 ± 3,40	32 ± 1,63	36 ± 8,83	31,75 ± 2,22	31,52 ± 1,76
Gás carbônico (mg/L)	11 ± 1,83	9,25 ± 1,50	9,25 ± 3,20	7,50 ± 2,38	9,25 ± 2,63	8,69 ± 0,94
Dureza total (mg/L)	39,50 ± 6,40	39 ± 8,72	30 ± 2,31	39 ± 7,39	39 ± 4,76	30,55 ± 3,87

* OD-oxigênio dissolvido, pH-potencial Hidrogenionico

Onde o oxigênio dissolvido presente na água de cultivo manteve-se na faixa ideal entre 4 e 16 mg.L⁻¹, (PEREIRA, 2012). A temperatura do sistema de recirculação se encontrou dentro da faixa limitante que é entre 22 a 30 °C, (BRITO & SILVA, 2014). O pH manteve dentro do recomendado para a espécie, onde a faixa de pH na presente pesquisa manteve-se na faixa entre 6,5 a 9,0 que é considerado ideal para cultivo de tilápias (ZHOU et al., 2009). Já a alcalinidade e dureza total da água de cultivo para peixes o ideal é que se encontre acima de 20 mg.L⁻¹, para o bom desenvolvimento dos peixe em cultivo, onde a alcalinidade influencia diretamente o pH da água, (PADUA, 2002; SILVA, 2014). Com tudo isso, a alcalinidade e dureza total nesse estudo foi observado de boa qualidade para cultivo da espécie.

No entanto o gás carbônico é o inverso, onde o recomendado é que não ultrapasse 20 mg.L⁻¹, porque acima dessas faixa pode ser prejudicial aos peixes, sendo considerado toxico para a maiorias dos peixes quando superior a 30 mg.L⁻¹. A produção do CO₂ é consequência da respiração de todos os organismos vivos presente na água de cultivo. No presente trabalho de pesquisa o CO₂, obteve dentro dos limites ideais para cultivo de peixes, ficando entre 7,50 a 11 mg.L⁻¹, (SILVA, 2014).

2.3. Desempenho produtivo

Ao término do experimento os peixes foram pesados e medidos, sendo avaliadas as seguintes variáveis: ganho em peso diário (GPD) = (peso final - peso inicial) / tempo (em dia); consumo diário de ração (CDR) = consumo de alimento / tempo (em dia); conversão alimentar aparente (CAA) = consumo de alimento / ganho em peso total; altura final (AF) = altura inicial

/altura final; largura final (LF)= largura inicial / largura final; taxa de crescimento específico (TCE) = $(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) \times 100 / \text{tempo}$; taxa desenvolvimento específico (TDE)= $[(\ln \text{ comprimento total final} - \ln \text{ comprimento total inicial}) / \text{tempo}] \times 100$; fator de condição de fulton = $[\text{peso final} / (\text{comprimento final})^3] \times 100$; taxa de eficiência proteica (TEP) = $\text{ganho de peso} / (\text{consumo de ração} \times \% \text{ PB da dieta})$; ganho de crescimento diário (GCD) = $(\text{Crescimento final} - \text{crescimento inicial}) / \text{dias}$; sobrevivência (S) = $100 * (\text{N}^\circ \text{ inicial de peixes} - \text{N}^\circ \text{ final de peixes}) / \text{N}^\circ \text{ inicial de peixes}$.

Ao final do período experimental de trinta (30) dias, foi retirando-se cinco pós-larvas de cada aquário. Onde os pós-larvas foram sacrificados por hipotermia, (imersão em água e gelo, durante 20 minutos), de acordo com os princípios éticos de abate para pós-larvas. Em seguida, o fígado foi retirado, pesado e então calculado o índice hepatossomático (IHS), utilizando a fórmula: $\text{IHS} = (\text{peso fígado} / \text{peso das pós-larvas}) \times 100$.

2.4. Análise de fibra muscular

No estudo da estrutura muscular de pós-larvas de tilápias foram colhidas quatro amostras de aproximadamente, 1 cm referentes a parte do corpo dos peixes inteiro. A fixação dos segmentos do corpo dos peixes foi realizada em solução de Metacarn (contendo 60% de metanol, 30% de clorofórmio e 10% de ácido acético) durante um período de doze horas, e mantidas refrigeradas. Em seguida, as amostras foram embebidas em solução de álcool à 70%. Para a realização das análises morfométricas do músculo do corpo dos peixes, as amostras foram conduzidas ao Laboratório de Histologia do Centro de Ciências Agrárias (CCA) / UFPB, Campus II na cidade de Areia/UFPB, para confecção das lâminas histológicas.

As amostras permaneceram por cerca de vinte e quatro horas em solução de álcool à 70%, em seguida foram lavadas em água corrente durante cinco minutos para depois serem desidratadas em série crescente de alcoois e da passagem por bateria de xilol e, ao fim dessa etapa, incluídas em parafina. Em um momento posterior, realizou-se a microtomia dos blocos de parafina para a confecção das lâminas histológicas.

As lâminas referentes ao corpo dos peixes para avaliar a fibra muscular dos peixes, foram coradas utilizando a coloração de hematoxilina/eosina, e histoquímica de ácido periódico de Schiff (P.A.S.) + hematoxilina, respectivamente para a avaliação das variáveis comprimento de fibra muscular (CFM), diâmetro de fibra muscular (DFM). Para mensura das fibras musculares foram feitas lâminas de quatro (4) peixes, sendo que cada peixe obteve cinco (5),

mensurações das fibras musculares. As mensurações foram realizadas no tecido da musculatura do dorso onde apresenta uma maior deposição de músculo pelos peixes.

Para as leituras das lâminas histológicas, foi utilizado microscópio de luz modelo Olympus BX53 e câmera Zeiss Axion, acoplada com programa de captura de imagens digitais Cellsens Dimension. A área absorviva (AA) foi determinada segundo metodologia descrita por Silva (2015).

2.5. Análises estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, e foi utilizado o procedimento PROC GLM com fatorial 4x2, onde as médias foram submetidas análise de regressão para observa se houve diferença entre os níveis, como também realizou comparação das médias de cada das fontes com o tratamento controle por contrastes ortogonais 4x2+1, utilizando-se o software (SAS, University, 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Desempenho produtivo

Na Tabela 5, estão as variáveis de desempenho das pós-larvas de tilápias do Nilo, recebendo suplementação com duas fontes e diferentes níveis de selênio nas dietas, não foram observadas diferenças ($p > 0,05$), para nenhuma das variáveis de desempenho das pós-larvas quando suplementadas com os diferentes níveis de selênio independente da fonte. No entanto, foi observado efeito das fontes de selênio para consumo de ração, ($p < 0,0001$) (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros de desempenho de pós-larvas de tilápias do Nilo alimentadas com duas fontes e diferentes níveis de selênio

Fontes de Selênio	Variáveis										
	CR	GP	CA	AF	LF	S	IHS	TCE	TDE	FCF	TEP
SES	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
SEL	b	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a
Níveis											
0,6	1,340	0,295	4,195	5,445	2,980	63,985	2,365	0,985	50,900	0,00200	0,630
0,9	1,345	0,280	4,555	5,085	2,830	66,045	2,140	0,980	48,100	0,00230	0,625
1,2	1,350	0,320	4,270	5,345	2,980	63,575	2,375	1,065	52,150	0,00215	0,680
1,5	1,345	0,315	4,285	5,395	3,025	66,430	2,325	1,050	50,650	0,00220	0,670
Efeito	Variáveis										
	CR	GP	CA	AF	LF	S	IHS	TCE	TDE	FCF	TEP
Nível	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fonte	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
Nível*Fonte	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
EPM	0,012754	0,0722	1,7876	0,4593	0,2828	9,1782	0,6594	0,2406	3,8432	0,000298	0,1529

* CR-consumo de ração, GP-ganho de peso, AF-altura final, LF-largura final, CA conversão alimentar, S sobrevivência, IHS-índice hepatossomático, TCE-taxa de crescimento específico, TDE-taxa de desenvolvimento específico, FCF-fator de condição de fulton, TEP-taxa de eficiência proteica, EPM-erro padrão da média, VAR-variáveis, SES - selenito de sódio, SEL - selênio levedura.

EPM-erro padrão da média.

Verificou-se que os animais que receberam a fonte de selênio levedura na dieta, aumentou o consumo de ração quando comparados com os animais que receberam o selenito de sódio ($p < 0,05$). No entanto, não foi verificado influência sobre a conversão alimentar, ganho de peso, altura e largura das pós-larvas. Já quando avaliamos os efeitos sobre os níveis de selênio suplementado nas dietas para pós-larvas não foram observado diferença ($p < 0,05$) entre os níveis suplementados. Com isso mostra que os níveis de selênio suplementados não interferiram nas variáveis de desempenho das pós-larvas de tilápias. Sendo assim é possível de indicar uma suplementação de 0,6 mg de selênio / kg na ração para pós-larvas de tilápias do Nilo, visto que os níveis acima de 0,6 mg de selênio / kg na dieta não apresentaram diferença significativa para as variáveis. Portanto, os níveis de selênio para as duas fontes foram iguais,

para as pós-larvas. Segundo Takahashi et al. (2017), em um sistema intensivo de produção o consumo de ração com níveis de selênio levedura na ração é possível de aumento do consumo, na perspectiva de atender exigência por selênio, que é necessário para prevenir a ação imunossupressora do estresse oxidativo simultaneamente melhorar o desempenho e as respostas imunes e antioxidantes.

Para a variável de sobrevivência também não houve diferença ($p>0,05$), para os diferentes níveis em ambas as fontes de selênio. No entanto, essa variável apresentou moderada mortalidade das pós-larvas nessa fase de cultivo, porém as suplementações dos diferentes níveis com utilização das fontes de selenito de sódio e selênio levedura, não interferiram nas variáveis de desenvolvimento das pós-larvas durante o período experimental. Mostra assim, que aumento da mortalidade no presente estudo, pode ser relacionado a fatores estressante do ambiente, onde é sinalizado com a redução e aumento de consumo alimentar, consequentemente pode ter havido uma redução nos estoques energético das pós-larvas, causando portanto, o aumento da mortalidade (SILVESTRE et al., 2010). Lee et al. (2016), sugeriram que níveis ideais de selênio em dietas para juvenis de tilápias fica acima de 1,06 e abaixo de 2,06 mg selênio / kg de ração, e considerou o nível tóxico de selênio dietético entre 6,31 a 14,7 mg selênio / kg de ração. Assim essas faixas ideais de selênio podem não ter sido atendida, onde a exigência nutricional para pós-larvas é maior que a de juvenis.

O índice hepatossomático não apresentou diferença ($p>0,05$), entre os níveis suplementados de selênio para pós-larvas de tilápias do Nilo (Tabela 5). No entanto, foi evidenciado ($p<0,05$), que o índice hepatossomático das pós-larvas que receberam a fonte selênio levedura nas dietas foram maiores quando comparados com as pós-larvas que receberam a dieta contendo a fonte inorgânica. O índice hepatossomático corresponde ao aumento do fígado das pós-larvas, e sabe-se que o fígado desempenha um papel muito importante no corpo das pós-larvas de tilápias, sendo o centro dos processos metabólicos, consequentemente é responsável pela produção e regulação das espécies reativas de oxigênio no tecido hepático, e em contrapartida pelo danos teciduais (RUI, 2014; KHALIL et al., 2019). Por sua vez, reflete na melhoria do metabolismo lipídico dos peixes suplementados com selênio levedura nas dietas, podendo assim elevar os níveis de RNAm da dessaturase de ácidos graxos no fígado dos pós-larvas (SILVA-BRITO et al., 2016; KHALIL et al., 2019). Os ácidos graxos que são formados nos tecidos hepáticos, estimulam a formação de triglicerídeos, consequentemente acarretando o acúmulo de gordura no fígado dos peixes, portanto, o aumento do índice hepatossomático (REECE, 2006). O fígado dos peixes é o principal local de deposição de selênio, isso devido o

processo metabólico de selênio ocorrer principalmente no fígado, onde o mesmo é transformado em seleneto de hidrogênio e posteriormente em selenocisteína, que é incorporado em selenoproteína. Assim a suplementação de selênio na dieta pode elevar a presença de selenocisteína no fígado, e com isso possivelmente leva a maior deposição de selênio no fígado e no músculo das pós-larvas (SELE et al., 2018).

Para as variáveis taxa de crescimento específico, taxa de desenvolvimento específico e taxa de eficiência proteica (Tabela 5), não foram constatadas diferenças ($p>0,05$), para os diferentes níveis de suplementação de selênio independente da fonte utilizada. A incorporação do selênio na nutrição de peixes é essencial principalmente por fazer parte da selenoproteína que é o 21º aminoácido (selenocisteína), que desempenha funções biológicas no organismo dos animais, assim os níveis de selênio na dieta é crucial para o ótimo crescimento e para uma boa saúde dos peixes (LU & HOLMGREN, 2009; ZHANG et al., 2018).

Para a variável de fator de condição de fulton não foram observadas diferenças ($p>0,05$), para os diferentes níveis de suplementação de selênio, com também não houve diferença ($p>0,05$), entre as fontes de selênio utilizadas nas dietas para pós-larvas de tilápias do Nilo. O fator de condição de fulton manteve-se dentro da faixa ideal para a espécie durante o período de cultivo das pós-larvas, onde apresentou média de condição entre 0,0019 a 0,023. Neste contexto o presente trabalho não apresentou interferência negativa no desempenho das pós-larvas, de acordo o fator de condição de fulton, visto que as pós-larvas suplementadas com as diferentes fontes de selênio se encontraram em boas condições fisiológicas e nutricionais adequada para a fase de cultivo.

Para avaliar a diferença entre a dieta controle sem suplementação de selênio, foi realizado contrastes ortogonais, (Tabela 6). Para variáveis de ganho de peso, conversão alimentar, taxa de crescimento específico, fator de condição de fulton e sobrevivência não houve diferença estatística ($p>0,05$), do tratamento controle versus as fontes de selênio, e nem do selenito de sódio verso selênio levedura, durante a fase de pós-larvas das tilápias.

No entanto, para a variável consumo de ração (gráfico 1), foi observado diferença ($p<0,05$), da dieta controle versus a dieta suplementada com selenito de sódio, como também houve diferença ($p<0,05$) da dieta controle versus a dieta suplementada com selênio levedura. Além disso, (tabela 6), observou-se diferença ($p<,0001$) da dieta com selenito de sódio versus a dieta com selênio levedura, onde o tratamento que recebeu suplementação com selenito de sódio apresentou redução no consumo de ração em relação a dieta controle, em contrapartida a dieta suplementada com selênio levedura apresentou maior consumo de ração em relação a dieta

controle. Pode verificar que a suplementação com selênio em dietas na fase de pós-larvas de tilápias exerce influência sobre o consumo de ração. Esse maior consumo de ração dos peixes que receberam em sua dieta a suplementação de selênio levedura pode ser explicado, pela fórmula química dessas fontes. De acordo com Mansour et al. (2017), o selênio levedura é mais bioativo em dietas para peixes do que o selenito de sódio, por isso tem a capacidade de proporcionar maior crescimento, melhores atividades enzimáticas via antioxidantes nos animais.

Tabela 6. Avaliação de desempenho de pós-larvas de tilápias por contrastes, suplementadas ou não com selênio nas dietas

VAR	Controle	Fonte		P>0,05 – Contraste			EMP
		SELS	SELL	Cont vs Sell	Cont vs Sels	Sell vs Sels	
CR (g)	1,3500	1,3116	1,3778	0.0122	0.0010	<.0001	0,0185
GP (g)	0,2501	0,3156	0,2968	0.2389	0.1024	0.4485	0,0693
CA	5,5292	4,2602	5,1214	0.6759	0.1995	0.1696	1,7262
AF (mm)	4,7267	5,2672	5,3672	0.0174	0.0417	0.5370	0,2807
LF (mm)	2,6392	2,9057	3,0025	0.0263	0.0962	0.3305	0,2765
TCE (%)	0,8336	1,0520	0,9892	0.2391	0.1025	0.4489	0,2311
TDE (%)	45,6768	51,7088	49,2023	0.1140	0.0095	0.0774	3,8615
FCF (%)	0,0021	0,0021	0,0022	0.5600	0.8761	0.4996	0,0003
TEP (%)	0,5304	0,6875	0,6155	0.3102	0.0670	0.1782	0,1472
IHS (%)	2,1737	1,9352	2,6683	0.2276	0.5563	0.0031	0,6362
S (%)	65,000	65,3869	64,6428	0.9425	0.9377	0.81227	8,7703

* GP-ganho de peso, CR-consumo de ração, AF-altura final, LF-largura final, CA conversão alimentar, IHS-índice hepatossomático, TCE-taxa de crescimento específico, TDE-taxa de desenvolvimento específico, FCF-fator de condição de fulton, TEP-taxa de eficiência proteica, S sobrevivência, EMP-erro padrão da média, VAR-variáveis, SELS-selenito de sódio, SELL-selênio levedura; CONT-controle.

Para altura e largura final houve diferença ($p<0,05$), da dieta controle versus a suplementação de selênio para as pós-larvas. Os peixes que receberam a dieta suplementada com selenito de sódio e selênio levedura apresentaram maior ganho de altura em comparação a dieta controle (gráfico 1). Já o ganho de largura foi melhor para os animais que receberam dieta suplementada com selênio levedura. A suplementação de selênio em dietas para pós-larvas de peixes proporciona maiores ganhos, devido possuir uma área de absorção para os peixes, onde o selênio pode ser frequentemente absorvido pelas brânquias (MONTEIRO et al., 2007). O selênio orgânico possui excelente potencial para depositar selênio no músculo e consequente ganhos, isso devido se apresentar em geral na forma de selenometionina (ZHAN, et al, 2007).

Diferenças também foram encontradas no índice hepatossomático (gráfico 1), só que neste caso o menor resultado foi evidenciado ($p<0,05$) para o selenito de sódio, em comparação ao selênio levedura, mas os mesmos não diferiram do tratamento controle. Essa maior média do índice hepatossomático no selênio levedura é causado pelo efeito dose-dependente, ou seja, as concentrações de selênio suplementadas nas rações tendem a estimular o aumento das

reações no fígado dos peixes, com isso vai haver uma maior metabolização de nutrientes, e consequente aumento do músculo do fígado (LEE et al., 2016). Assim como descrito por Lee et al. (2008), o tecido hepático é o principal órgão de metabolização do selênio, em comparação aos tecidos brânquias e muscular. Por outro lado, esse maior armazenamento de selênio no fígado ocorreu provavelmente devido ao excesso do mesmo, após o processo de desintoxicação desse micromineral pelo fígado, transformando o em um tipo de derivado metilado ou composto da selenoproteína (HILTON et al., 1980; LEE et al., 2016). A absorção de alguns minerais pelos peixes ocorre não apenas só via oral como também através das brânquias, do trato digestivo e pela pele (WATANABE et al., 1997; HAMILTON, 2004; TAKAHASHI et al., 2017), como por exemplo o selênio, cálcio entre outros, por isso suponhamos que os peixes apresentaram absorção por vias externas de selênio, com isso interferiu nos resultado para níveis de selênio.

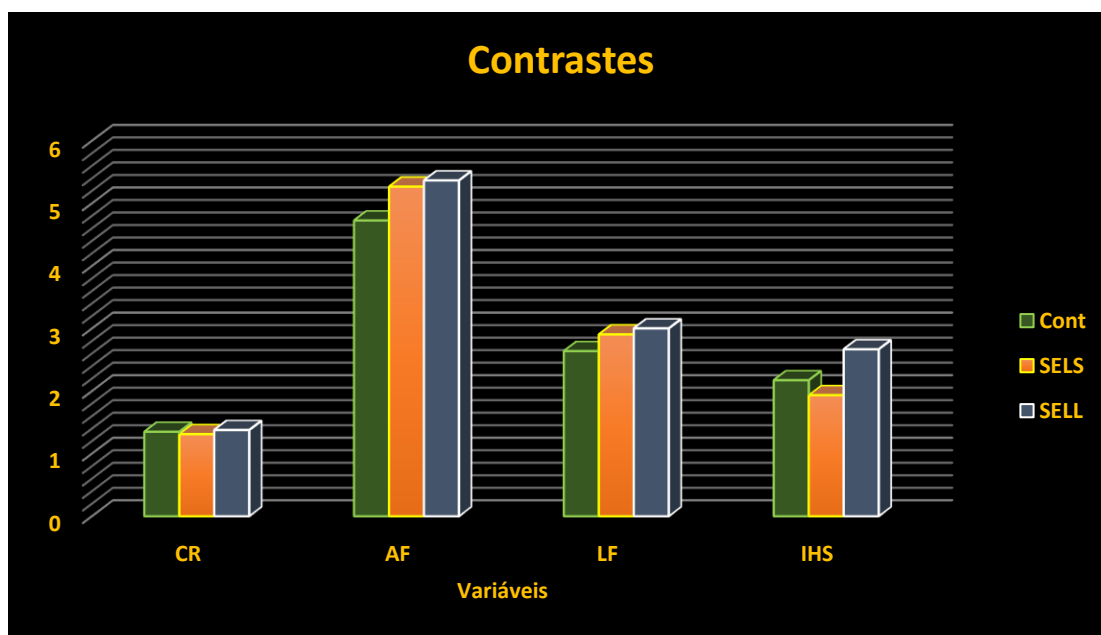


Gráfico 1. Contraste ortogonais sobre variáveis de desempenho de pós-larvas de tilápias suplementadas com fontes de selênio.

*CR-consumo de ração, AF-altura final, LF-largura final, IHS-índice hepatossomático, SELS-selenito de sódio, SELL-selênio levedura; CONT-controle.

O parâmetro taxa de desenvolvimento específico é de fundamental importância nas análises de observação do ganho de peso e crescimento dos peixes como um todo, representando o ganho literal dos peixes no determinado período de cultivo. Foi observado melhor taxa de desenvolvimento específico dos peixes que receberam em suas dietas suplementação de selênio em comparação aos peixes que não receberam suplementação de selênio nas dietas. Quando contrastou a ração controle com cada fonte foi observado que a dieta suplementada com selênio levedura não apresentou diferença ($p > 0,05$) da dieta controle. Em

contra partida a dieta controle foi diferente da dieta suplementado com selenito de sódio ($p < 0,05$), com isso os peixes que obtiveram maior taxa de desenvolvimento específico foram os que receberam oferta de selenito de sódio nas dietas. O melhor desenvolvimento dos peixes no presente estudo pode estar ligeiramente relacionado ao papel protetor do selênio no combate a produção de ROS nos músculos dos animais, em que reduz danos nas fibras musculares, diretamente influenciados pelo aumento HUFA nas dietas (BETANCOR et al., 2012). Levando em consideração que o crescimento muscular dos peixes se apresenta em um constante processo de hipertrofia e hiperplasia muscular ao longo de todo o ciclo de vida dos peixes (MANSOUR et al., 2017).

Portanto, os diferentes níveis de suplementação de selênio em dietas para pós-larvas de tilápias do Nilo não apresentaram diferença ($p > 0,05$), entre os níveis para as duas fontes adicionadas nas dietas. Nutricionalmente a suplementação de selênio melhora a eficiência proteica por reduzir os fatores antinutricionais da ração e os estresses oxidativo nos animais, consequentemente aumenta o teor de taurina hormônio do crescimento, no organismo dos peixes (ROSS e DAVIS. 2012; WANG et al., 2016). Por todo o exposto foi possível evidenciar efeito ($p > 0,05$), das fontes de selênio de suplementadas nas dietas para pós-larvas de tilápias de Nilo, nas variáveis de consumo de ração e índice hepatossomático.

As mensurações de comprimento, diâmetro e área de fibras musculares em (μm) (Tabela 7) e (Figura 1), das pós-larvas de tilápias do Nilo recebendo suplementação de selênio, não apresentaram diferença ($p > 0,05$) para as mensurações.

Tabela 7. Mensuração de fibras musculares de pós-larvas com 30 dias de cultivo, recebendo suplementação de diferentes níveis e fontes de selênio na dietas

Var	Fontes de Selênio								EPM	P
	Selenito de Sódio				Selênio Levedura					
	0,6	0,9	1,2	1,5	0,6	0,9	1,2	1,5		
CFM	29,4	25,6	28,9	27,8	27,5	27,9	25,1	28,6	2,5	0,46
DFM	550,5	489,7	500,9	591,7	531,6	519,7	533,2	598,5	123,7	0,89
AFM	8100,1	6287,4	7239,4	8251,6	7386,1	7169,8	6694,2	8810,1	2070,01	0,78
Efeito	Variáveis									
	CFM				DFM					
Nível	0,3989				0,5278				0,3296	
Fonte	0,4237				0,7884				0,952	
Nível*Fonte	0,0664				0,977				0,8379	
EPM	2,3285				130,594				2113,472	

* CFM-Comprimento de Fibra muscular em (μm), DFM-Diâmetro de fibra muscular em (μm)², EPM-erro padrão da média, AFM- Área de fibra muscular, VAR-variáveis, SELS-selenito de sódio, SELL-selênio levedura.

Portanto a suplementação das diferentes fontes de selênio em dietas para pós-larvas de tilápias do Nilo, não apresentou efeito sobre a conformação estrutural das fibras musculares das pós-larvas durante o período de quatro semanas de cultivo. Esse resultado pode ocorrer o período experimental ter sido pouco para haver influência do selênio na conformação estrutural das fibras musculares das pós-larvas. Onde Lorentzen et al. (1994), constataram maior expressão de acumulação de selênio no músculo dos peixes após oito semanas de suplementação dietética de selênio. Em outro estudo foi observado maior influência de selênio na fibra muscular dos peixes após quinze semanas de suplementação (GATLIN E WILSON, 1984).

Sabendo-se que a exigência de pós-larvas é superior à da fase de alevinos, podemos concluir que os níveis suplementados nas dietas principalmente os da fonte de selênio levedura pode ter apresentado um alto consumo devido os ingredientes da ração apresentar uma digestibilidade moderada, dificultando a absorção do nutriente e consequente ganho de peso pelo peixes. Com isso do presente estudo não apresentaram diferença no ganho de peso entre os tratamentos, mas, no entanto, com a suplementação de selênio levedura foi observado pós-larvas com maior índice hepatossomático, sendo assim o indicativo que as pós-larvas obtiveram uma maior mobilização de selênio juntamente com tecido de deposição. Uma explicação para o maior consumo de ração e maior índice hepatossomático as pós-larvas que receberam ofertar de dieta suplementado com selênio levedura, é devido o selênio complexado a molécula orgânica apresentar maior capacidade de depositar-se no tecidos, onde o fígado é o primeiro local de deposição de selênio para pós-larvas, com esse possível mobilização de selênio levedura no fígados dos peixes, pode também estimular uma maior absorção de ração pelos mesmo, na tentativa de e aumentar o estado antioxidante (ZHAN, et al., 2007).

A exigência de selênio nas dietas pode não ter sido suprida totalmente com os níveis de selênio suplementado. O resultado do presente estudo pode ser melhor explicado por pesquisa realizada com a suplementação de selênio para pós-larvas de *S. aurata*, onde os pesquisadores observaram melhor taxa de sobrevivência e resistência ao estresse com dietas suplementadas com nível de 11, 65 mg selênio / kg na dieta, em comparação as que foram suplementadas com o nível de 1,73 mg selênio / kg na dieta (SALEH et al., 2014). Schram et al. (2008) suplementando selênio para peixe relatou que observou maior nível de filé de peixes que receberam suplementação de 8,5 mg selênio / kg na dieta.

Isso comprova os baixos níveis de suplementação de selênio nas dietas do presente estudo, onde o selênio é um microelemento essenciais na manutenção da saúde, crescimento e funções bioquímico-fisiológicas sendo crucial na nutrição de pós-larvas em quantidade e

proporção necessária para fase de desenvolvimento. Portanto, o selênio participa da constituição da selenoproteína através da selenometionina e selenocisteína, em que desempenha funções estruturais como formação da fibra muscular dos peixes, além de ser constituinte enzimático principalmente como antioxidante (BILLER-TAKAHASHI et al., 2015).

No entanto, as pós-larvas da presente pesquisa encontram-se na faixa média de peso abaixo do ideal para a espécie no final do período experimental de 30 dias, com um média de 0,350 g de peso corporal, onde a faixa ideal de peso para tilápias ao sair da fase de pós-larvas é de mais ou mesmo 0,507 g e peso corporal (NAVARRO-GUILLÉN et al., 2019).

Na figura 1. As fotomicrográficas de cortes transversais na musculatura dorsal das pós-larvas suplementadas com selênio levedura e selenito de sódio, em comparação ao tratamento controle, durante trinta (30) dias de cultivo. Onde não foi evidenciado diferença ($p>0,05$) nos dimensionamentos como por exemplo comprimento, área e diâmetro das fibras musculares das pós-larvas, portanto, a suplementação de selênio nas dietas não proporcionou aumento das fibras musculares dos peixes nessa fase de desenvolvimento.

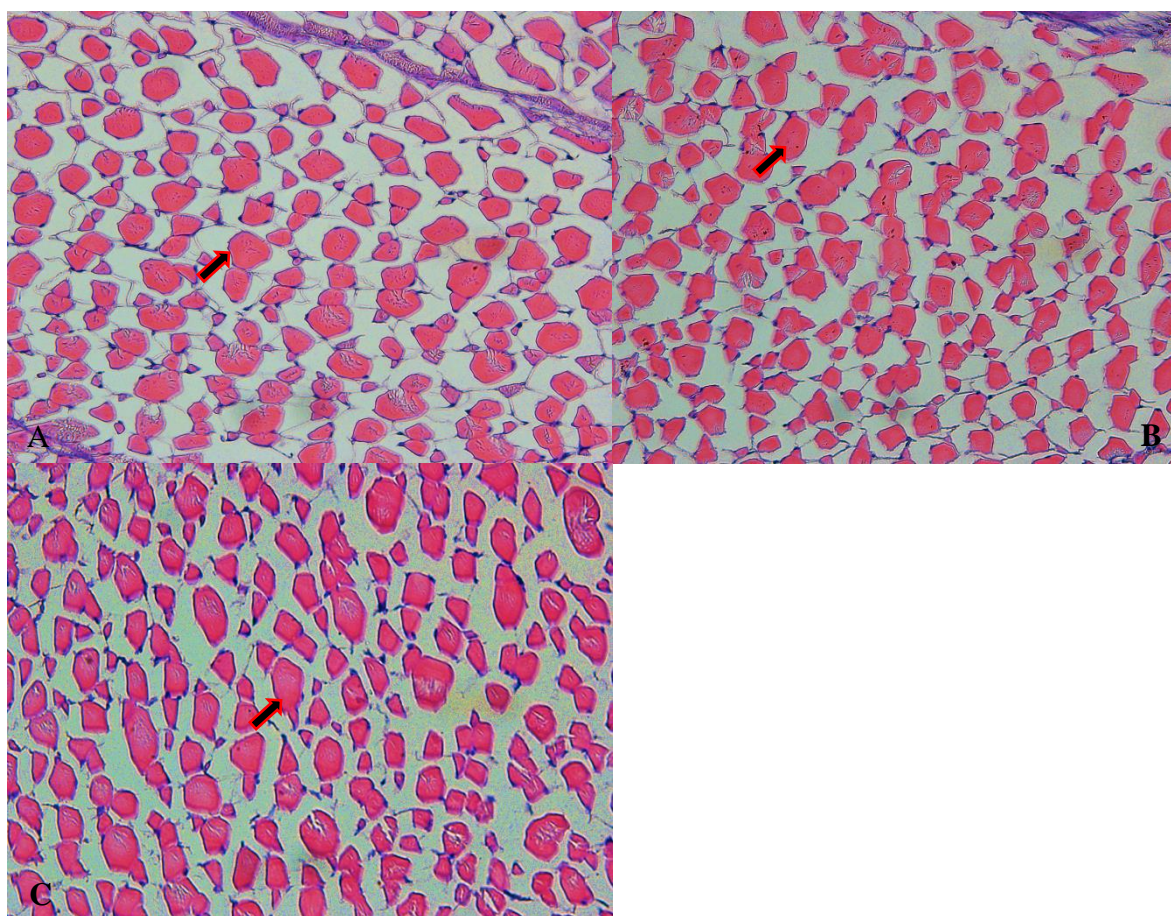


Figura 1- . Fotomicrográfica de cortes transversais da musculatura da dorsal, onde apresenta maior aglomeração de fibra muscular de pós-larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **A:** Tratamento controle (inseto da suplementação de selênio na dieta); **B:** Tratamento com suplementação de selenito de sódio, e **C:** Tratamento com suplementação de selênio levedura.

Nas figuras **A**, **B** e **C**, verificam-se intensa presença de fibras musculares (asterisco). Não foi observado efeito entre os tratamentos sobre as variáveis ($p>0,05$) Aumento de 400x. Coloração de hematoxilina e eosina.

Pode-se observar que independentemente do nível e fonte de selênio utilizada no estudo em questão não afetou nenhuma das variáveis estudadas, indicando não toxicidade do selênio para as pós-larvas de tilápia do Nilo, não afetando a morfometria do tecido muscular (figura 1), que possui uma relação com desempenho das pós-larvas (BILLER-TAKAHASHI et al., 2015). Além disso, pode ter havido uma maior mobilização de selênio para atividade enzimáticas com o objetivo de promover aumentar as respostas fisiológicas nos organismos das pós-larvas (LE e FOTEDAR, 2014).

De acordo com Yamashita et al. (2010), quando suplementa selênio na forma orgânica em dietas para peixes, apresenta um composto que o selenoneína que é a principal forma de selênio no músculos de tilápias. Portanto, a uma explicação para não ter apresentado efeito sobre a conformação e crescimento das fibras musculares das pós-larvas de tilápias do Nilo, onde pode estar associada ao papel antioxidante do selênio, assim o selênio pode exercer um efeito antioxidante por se ligar a proteína de ligação ao oxigênio, como na hemoglobina e mioglobina, e com isso proteger as células dos peixes da auto oxidação, e consequentemente menor ação do selênio na conformação da fibra musculares da pós-larvas (YAMASHITA e YAMASHITA, 2015).

Onde pesquisadores sugerem uma suplementação ideal de selênio para alevinos de peixes acima de 1,56 mg selênio / kg de ração (TAKAHASHI et al., 2017). Khalil et al. (2019) em estudo com a suplementação de selênio levedura em dietas para alevinos de peixes, observaram efeito positivo no crescimento e sobrevivência com a suplementação de selênio utilizando níveis entre 1,51, 2,97 a 3,98 mg selênio/kg de ração. Assim, podemos observar que o presente estudo apresenta os níveis na média de suplementação de selênio encontrado em uma faixa mais ou menos ideais de suplementação para pós-larvas de tilápias do Nilo.

4. Conclusão

Conclui-se que na fase de pós-larvas de tilápias do Nilo o nível de 0,6 mg de selênio / Kg de ração, independente da fonte a ser utilizada, é o suficiente para que esta fase de desenvolvimento apresente um ótimo desempenho zootécnico.

5. REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, V.G.; NETO, H.G.; ALMEIDA, H.L.P.S. et al. Sistema de recirculação para cultivo de peixes marinhos – procedimento operacional padrão (POP). **Instituto de Pesca**, 2014.
- AZEVEDO, J.C; AIUB, J.A.S. Avaliação da qualidade da água utilizada nos viveiros de tambaquis (*Colossoma macropomum*) na região de Cáceres –MT, **Revista de biologia e ciências da terra**, v.12, n.2, p.40-46, 2012.
- ARTHUR J.R, Winfred. et al. Effectiveness of training in organizations: A meta-analysis of design and evaluation features. **Journal of Applied Psychology**, v. 88, n.2, p. 234, 2003.
- ARTHUR, J.R.; BECKETT, G.J. New metabolic roles for selenium. **The Proceedings of the Nutrition Society**, v. 53, n.3, p. 615-624, 1994.
- ANTONOPOULOU, Efthimia et al. Starvation and re-feeding affect Hsp expression, MAPK activation and antioxidant enzymes activity of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 165, n. 1, p. 79-88, 2013.
- BOYD, C. E. 2000. Water quality: an introduction. **Springer Science & Business Media**.
- BUENO, A.F.; FREITAS, S. Effect of the insecticides abamectin and lufenuron on eggs and larvae of *Chrysoperla externa* under laboratory conditions. **Biocontrol**, v.39, p.277-283, 2004.
- BETANCOR, M.B.; CABALLERO, M.J.; TEROVA, G. et al. Selenium inclusion decreases oxidative stress indicators and muscle injuries in sea bass larvae fed high-DHA microdiets. **British Journal of Nutrition**, v.108, p.2115–2128, 2012.
- BILLER-TAKAHASHI, J.D.; TAKAHASHI, L.S.; MINGATTO, F.E. et al. The immune system is limited by oxidative stress: Dietary selenium promotes optimal antioxidative status and greatest immune defense in pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Fish Shellfish Immunol**, v.47 p.360-367, 2015.
- BROWN, K. M.; ARTHUR, J. R. Selenium, selenoproteins and human health: a review. **Public Health Nutrition**, v.4, n.2, p.593-599, 2001.
- BURK, R.F.; HILL, K.E. Regulation of selenoproteína. **Annual Review of Nutrition**, v.13, p.65 – 81, 1993.
- BHARADWAJ, S.A.; PATNAIK, S.; BROWDY, L.C.; LAWRENCE, L.A. Comparative evaluation of an inorganic acid and a source of commercial chelated copper in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed diets containing phytic acid. **Aquicultura**, p.63 – 68, 2014.
- CECCARELLI, P. S.; SENHORINI, J. A. & VOLPATO, G. Dicas em piscicultura; perguntas e respostas. Santana Gráfica Editora, Botucatu, 2000.
- DA SILVA, Isnandia Andréa Almeida et al. Phenolic profile, antioxidant activity and palynological analysis of stingless bee honey from Amazonas, Northern Brazil. **Food chemistry**, v.141, n.4, p.3552-3558, 2013.
- FREMAUT, DIRK. Trace mineral proteinates in modern pig production: reducing mineral excretion without sacrificing performance. **Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries**, p. 171-178, 2003.
- FERNANDO KUBITZA. QUALIDADE DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DE PEIXES - PARTE I. Panorama da AQUICULTURA, Janeiro/fevereiro, 1998.

FURUYA, W.M.; FURUYA, V.R.B.; NAGAE, M.Y. et al. Nutrição de tilápias no Brasil. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.11, n.1, p.19-34, 2012.

FURUYA, W.M. **Tabelas brasileiras para nutrição das Tilápias**. Toledo: GFM, p.100, 2010.

FRASCA-SCORVO, C. M.; CARNEIRO, D. J.; MALHEIROS, E. B. Efeito do manejo alimentar no desempenho do matrinxã *Brycon amazonicus* em tanques de cultivo. **Acta Amazônica**, p.621-628, 2007.

FAGGIO, C.; TSARPALI, V.; DAILIANIS, S. Mussel digestive gland as a model for assessing xenobiotics: an overview. **Science of the Total Environment**, 2018.

GATLIN, D.M.; RP WILSON, R.P. Dietary requirement of catfish selenium catfish, **Journal of Nutrition**, n.114, pp. 627 – 633, 1984.

GODIN, S.; FONTAGNÉ, S.; DICHARRY, BUENO M. et al. Influence of dietary selenium species on selenoamino acid levels in rainbow trout. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.63, p.6484 – 6492, 2015.

GIMBO, R.Y. "Suplementação dietética de selênio e vitamina E: variáveis fisiológicas e desempenho de juvenis de pacu (*piaractus mesopotamicus*).\" vii-63, (2011).

GOWDY, J.M. "The revolution in welfare economics and its implications for environmental valuation and policy." *Land economics* v.80, n.2, p.239-257, (2004).

GROPPER, S.A.S.; SMITH, J.L.; GROFF, J.L. Advanced Nutrition and Human Metabolism. **Wadsworth / Cengage Learning**, Austrália; Estados Unidos, 2009.

GATLIN III, D.M.; WILSON, R.P. Selenium dietary requirement of catfish catfish. **The Journal of Nutrition**, v.114, p.627 – 633, 1984.

GOBI, N.; VASEEHARAN, B.; REKHA, R. Bioaccumulation, cytotoxicity and oxidative stress of the acute exposure selenium in *Oreochromis mossambicus*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.162, p.147-159, 2018.

HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M. et al. Exigência de Proteína Digestível para Larvas de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a Reversão Sexual. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.31, n.2, p.823-828, 2002.

HILTON, J.W.; HODSON, P.V.; SLINGER, S.J. The requirement and toxicity of selenium in rainbow trout (*Salmo gairgneri*). **Journal Of Nutrition**, v.110, p.2527–2535, 1980.

HAMILTON, J.S. Review of selenium toxicity in the aquatic food chain. **Science of The Total Environment**, v.326, n.3, p:1-31, 2004.

HILTON, J.W.; HODSON, P.V.; SLINGER, S.J. The requirement and toxicity of selenium in rainbow trout (*Salmo gairgneri*). **The Journal of Nutrition**, v.110, p.2527 – 2535, 1980.

ILHAM, I.; GROWTH, R. antioxidant capacity and muscle histochemistry of yellowtail kingfish (*Seriola lalandi* Valenciennes 1883): Selenium and temperature interaction. **Animal Feed Science and Technology**, V.217, p.76-86, 2016.

ILHAM.; FOTEDAR, R.; MUNILKUMAR, S. Effects of organic selenium supplementation on growth, glutathione peroxidase activity and histopathology in juvenile barramundi (*Lates calcarifer* Bloch 1970) fed high lupin meal-based diets. **Aquaculture**, v.457, p.15–23, 2016.

ISWARYA, A.; VASEEHARAN, B.; ANJUGAM, M. et al. "β-1, 3 glucan binding protein based selenium nanowire enhances the immune status of Cyprinus carpio and protection against *Aeromonas hydrophila* infection." **Fish and Shellfish Immunology**, v.83 p.61-75, 2018.

JARAMILLO JR, F.; LI, P.; GATLIN III, D.M. Selenium nutrition of low-striped hybrid (Morone chrysops M. Saxatilis) bioavailability, toxicity and interaction with vitamin E. **Aquaculture Nutrition**, v.15, p.160 – 165, 2009.

KHALIL, H.S.; ABDALLAH TAGELDEIN MANSOUR, T.M.; GODA, A.M.A. et al. Effect of selenium yeast supplementation on growth performance, feed utilization, lipid profile, liver and intestine histological changes, and economic benefit in meagre, *Argyrosomus regius*, fingerlings. **Aquaculture**, v.25, p.135-143, 2019.

KÖHRLE, J.; BRIGELIUS-FLOHÉ, R.; BOCK, A. et al. Selenium in biology: facts and medical perspectives. **Journal of Biological Chemistry**, v.381, p.849-864, 2000.

KATYA, K.; LEE, S.; BHARADWAJ, A.S. et al. Effects of inorganic and chelated minerals (Cu, Zn, Mn and Fe) on marine hammerfish, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf), fed diets containing phytic acid. **Journal of Aquaculture Research and Development**, v.48, p.4165 – 4173, 2016.

KELLY, M. P.; POWER, R. F. "Fractionation and identification of the major selenium containing compounds in selenized yeast." *J. Dairy Sci*, 78.Suppl p.1 237, (1995).

KOBAYASHI, Y.; OGRA, Y.; ISHIWATA, K. et al. Selenosugars are key and urinary metabolites for selenium excretion within the required to low-toxic range. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.99, n.25, p.15932-15936, 2002.

KUMAR, N.; SINGH, N.P. Effect of dietary selenium on immuno-biochemical plasticity and resistance against *Aeromonas veronii biovar sobria* in fish reared under multiple stressors. **Fish & Shellfish Immunology**. v.84, p.38-47, 2019.

KHALIL, H.S.; MANSOUR, A.T.; GODA, A.M.A. et al. Effect of selenium yeast supplementation on growth performance, feed utilization, lipid profile, liver and intestine histological changes, and economic benefit in meagre, *Argyrosomus regius*, fingerlings. **Aquaculture**, p.11-18, 2018.

KUSS, F. Agentes oxidantes e antioxidantes. Bioquímica do tecido animal. **Seminário programa de pós-graduação de Ciências Veterinárias – UFRGS**, 2005.

KUSS, F. Agentes oxidantes e antioxidantes. Bioquímica do tecido animal. **Seminário programa de pós-graduação de Ciências Veterinárias – UFRGS**, 2005.

LU, J., HOLMGREN, A. Selenoproteins. **Journal of Biological Chemistry**, v.284, p.723-727, 2009.

LEE, S.; LEE, J.H.; BAI, S.C. Effects of different levels of dietary selenium (Se) on growth, tissue Se accumulations and histopathological changes in black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. Asian-Australian **Journal of Animal Science**, v.21, p.1794–1799, 2008.

- LE, K.T.; FOTEDAR, R. Immune responses to *Vibrio anguillarum* in fish, *Seriola lalandi*, receiving selenium supplementation, **Journal World Aquaculture Soc**, n.45, pp.138 – 148, 2014.
- LEE, S.; NAMBI, R.W.; WON, S. et al. Dietary selenium requirement and toxicity levels in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.464, p.153-158, 2016.
- LEE, S.; LEE, J.H.; BAI, S.C. Effects of different levels of dietary selenium (Se) on growth, tissue Se accumulations and histopathological changes in black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.21, p.1794–1799, 2008.
- LORENTZEN, M.; MAAGE, A.; JULSHAMN, K. Effects of dietary selenite or selenomethionine on tissue selenium levels of Atlantic salmon (*Salmo salar*), **Aquaculture**, n.121, pp. 359-367, 1994.
- LE, K.T.; FOTEDAR, R. Dietary selenium requirement of yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). **The Journal of Agricultural Science**, v.4, p.68-75, 2013.
- LEE, S.; LEE, J.H.; BAI, S.C. Effects of different levels of selenium (Se) on diet on growth, accumulation of Se in tissue and histopathological changes in black sargo, *Acanthopagrus schlegeli*. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.21, p.1794 – 1799, 2008.
- LIN, Y.H.; SHIAU, S.Y. Dietary requirements of juvenile grouper selenium, *Epinephelus malabaricus*. **Aquicultura**, v.250 p.356 –363, 2005.
- LI, J. L. et al. Effects of different selenium sources on growth performance, antioxidant capacity and meat quality of local Chinese Subei chickens. **Biological Trace Element Research**, v. 181, n. 2, p. 340-346, 2018.
- LEE, S.; NAMBI, R.W.; WON, S. et al. Dietary requirement of selenium and levels of toxicity in juveniles of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquicultura**, v.464, p.153–158, 2016.
- LAVADO, R.; SHI, D.; SCHLENK, D. Effects of salinity on the toxicity and biotransformation of L-selenomethionine in Japanese medaka (*Oryzias latipes*) embryos: mechanisms of oxidative stress. **Aquatic Toxicology**, v.108, p.18-22, 2012.
- LABUNSKYY, V.M.; HATFIELD, D.L.; GLADYSHEV, V.N. Selenoproteins: molecular pathways and physiological roles. **American Journal of Physiology**, v.94, p.739–777, 2014.
- LEMLY, A.D. Selenium Assessment in Aquatic Ecosystems—a Guide for Hazard Evaluation and Water Quality Criteria. **Springer-Verlag**, New York, 2002.
- LUBOS, E.; LOSCALZO, J.; HANDY, D.E. Glutathione peroxidase-1 in health and disease: from molecular mechanisms to therapeutic opportunities. **Antioxid. Redox Signal**, v.15, p.1957–1997, 2011.
- LIN, Y-H. Effects of dietary organic and inorganic selenium on the growth, selenium concentration and meat quality of juvenile grouper *Epinephelus malabaricus*. **Aquaculture**, v. 430, p.114-119, 2014.
- LIU, K. et al. Dietary selenium requirement for juvenile cobia, *Rachycentron canadum* L. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 10, p. e594-e601, 2010.
- MARTINEZ, R. epidemiology of paracoccidioidomycosis. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v.57, supl.19, 2015.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, E.R. et al. Fontes Protéicas Suplementadas com Aminoácidos e Minerais para a Tilápia do Nilo Durante a Reversão Sexual. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.34, n.1, p.1-6, 2005.

- MONTEIRO, D. A.; RANTIN, F. T.; KALININ, A. L. Uso do selênio na dieta de matrinxã, *Brycon cephalus*. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.8, n.1, p. 32-47, 2007.
- MANSOUR, A.T-E.; GODA, A.A.; OMAR, E.A. et al. Dietary supplementation of organic selenium improves growth, survival, antioxidant and immune status of meagre, *Argyrosomus regius*, juveniles. **Fish and Shellfish Immunology**, v.68, p.516-524, 2017.
- MONTEIRO, D.A.; RANTIN, F.T.; KALININ, A.L. Uso do selênio na dieta de matrinxã, "*Brycon cephalus*". **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 8, n. 1, 2007.
- MÉZES, M.; BALOGH, K. Prooxidant mechanisms of selenium toxicity — a review. **Acta Biologica Szegediensis**, v.53, 2009.
- MANOJ, K.; PADHY, P.K. Oxidative stress and heavy metals: an appraisal with reference to environmental biology. **International Journal of Biological Sciences**, v.2, p.91-101, 2013.
- NELSON, David L.; LEHNINGER, Albert L.; COX, Michael M. **Lehninger princípios da bioquímica**. Macmillan, 2008.
- NAVARRO-GUILLÉN, C.; CONCEIÇÃO, L.E.C.; PINTO, W. et al. The growing post-larvae of fast-growing amberjack require a diet of high energy protein malnutrition. **Aquicultura**, v.499,p.195-202, 2019.
- NELSON, DAVID L., ALBERT L. Lehninger, and Michael M. Cox. **Lehninger principles of biochemistry**. Macmillan, 2008.
- NGUYEN, L.; KUBITZA, F.; SHIMAA, M.R. et al. Comparison of organic and inorganic microminerals in all plant diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.498, p.297-304, 2019.
- NRC. **Nutritional Requirements of Fish and Shrimp**. Imprensa Nacional de Aacademies, 2011.
- NICOLAOU, K. C. et al. ZUSCHRIFTEN-New Selenium-Based Safety-Catch Linkers: Solid-Phase Semisynthesis of Vancomycin. **Angewandte Chemie-German Edition**, v. 112, n.6, p. 1126-1130, 2000.
- NAVARRO-ALARCON, M.; CABRERA-VIQUE, C. Selenium in food and the human body: a review. **Science of the Total Environment**, v.400, p.115-141, 2008.
- OLIVEIRA, C.E.S. et al. The antidepressant-like action of a simple selenium-containing molecule, methyl phenyl selenide, in mice. **European Journal of Pharmacology**, v. 690, n. 1-3, p. 119-123, 2012.
- PAIVA, P. DE; GODINHO, H.M.; MAINARDES-PINTO, C.S.R.; LEITE, R.G. & TABATA, Y.A. (1985). Fator de condição de truta arco-íris *Salmo irideus* Gibbons (OSTEICHTHYES, SALMONIDADE) em cultivo intensivo. **Boletim do Instituto de Pesca**. v.12, p.71-75.
- PEREIRA, Rui et al. Apparent nutrient digestibility of seaweeds by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Algal Research**, v. 1, n. 1, p. 77-82, 2012.

PÁDUA, H. B. de. Águas com dureza e alcalinidade elevada. Observações iniciais na Região de Bonito/MS.Br- registro de dados – 2001/2 – alguns conceitos e comportamentos ambientais (parte 01), 2002, 64 p.

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. **Nutrição de peixes**. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. (ED.). **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**. Editado por José Eurico P. Cyrino. (Et al.) -- São Paulo: TecArt. p. 75-170, 2004.

PEREIRA, André Luiz et al. Logística reversa e sustentabilidade. **São Paulo: Cengage Learning**, 2012.

RUI, L., 2014. Energy metabolism in the liver. **Comprehensive Physiology**, 4, 177–197.

REECE, W.O. - DUKES- **Fisiologia dos Animais Domésticos**. 12ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 2006. 926p.

ROSSI W. & DAVIS D.A. Replacement of fishmeal with poultry by-product meal in the diet of Florida pompano *Trachinotus carolinus*, L. **Aquaculture**, 338– 341, p.160–166, 2012.

ROTRUCK, J.T.; POPE A.L.; GANTHER H.E. et al. Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. **Science**, v.179, p.585-590, 1973.

ROTRUCK, J.T., et al. Selenium – biochemical role as a component of glutathione peroxidase. **Science**, v.179, p.588–590, 1973.

REISCHL, J. et al. Increased expression of Wnt5a in psoriatic plaques. **Journal of Investigative Dermatology**, v. 127, n. 1, p. 163-169, 2007.

SPARKS, Geoffrey. The business process model. **Enterprise Architect, Wien**, p. 1-9, 2000.

SPEARS, Jerry W. Organic trace minerals in ruminant nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 58, n. 1-2, p. 151-163, 1996.

SILVESTRE, F.; LINARES-CASENAVE, DOROSHOV, S.I. et al. A proteomic analysis of green and white sturgeon larvae exposed to thermal stress and selenium. **Science Total Environ**, n.408, pp. 3176-3198, 2010.

SALEH, R.; BETANCOR M.B.; ROO, J. et al. Selenium levels in early weaning diets for gilthead seabream larvae. **Aquaculture**, v.426 p.256-263, 2014.

SILVA-BRITO F.; MAGNONI L.J.; FONSECA S.B. et al. Dietary oil source and 474 selenium supplementation modulate Fads2 and Elovl5 transcriptional levels in liver and 475 brain of meagre (*Argyrosomus regius*). **Lipids**, v.51, n.6, p.729-741, 2016.

SCHRAM, E.; PEDRERO, Z.; CÁMARA, C. et al. Enrichment of African catfish with functional selenium originating from garlic. **Aquacultura**, v.39, p.850-860, 2008.

SCHULTER, E.P.; VIEIRA FILHO, J.E.R. Desenvolvimento e potencial da tilapicultura no Brasil. **Revista de Economia e Agronegócio**, v.16, n.2, 2018.

SCHRAUZER, G. N. Commentary: nutrition selenium supplements: product types, quality, and safety. **Journal College of Nutrition**, p.1-4, 2001.

SURAI, P.F.; FISININ, V.I. Selenium in sow nutrition. *Anim. Animal Feed Science and Technology*, v.211, p.18–30, 2016.

SILVA, E. G. da; MATAVELI, L. R. V.; ARRUDA, M. A. Z. Speciation analysis of selenium in plankton, Brazil nut and human urine samples by HPLC-ICP-MS. **Talanta, Cambridge**, v. 110, n. 15, p. 53–57, Feb. 2013.

SELE, V.; ORNSRUD, R.; SLOTH, J. et al. Selenium and selenium species in feeds and muscle tissue of Atlantic salmon. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v.47, p.124-133, 2018.

SILVA-BRITO, F.; MAGNONI, L.J.; FONSECA, S.B. et al. Dietary oil source and selenium supplementation modulate Fads2 and Elovl5 transcriptional levels in liver and brain of meagre (*Argyrosomus regius*). **Lipids**, v.51, p.729-741, 2016.

SALARO, A.L.; CAMPELO, D.A.V.; PONTES, M.D. et al. Relação peso/comprimento e fator de condição de juvenis de *Hoplias lacerdae* em duas densidades de estocagem. **Revista Brasileira Engenharia de Pesca**, v.8, n.1, p:01-10, 2015.

SILVA, F.N.L.; MEDEIROS, L.R.; COSTA, M.S.M. et al. Quality of water from artesian wells in fish farms. **Pubvet**, v.11, n.7, p:652-657, 2017.

SILVA, G.C. Limnologia de viveiros escavados da base de piscicultura Carlos Eduardo Matiazze. Dissertação mestrado, Presidente Médici – RO, 2014.

SCHRAUZER, G. N. Commentary: nutrition selenium supplements: product types, quality, and safety. **Journal College of Nutrition**, New York, v.20, n.3, p.1-4, June 2001.

SCHRAUZER, G.N. The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine. **Advances in Food and Nutrition Research**, 47:73–112, 2003.

SPEARS, J. W. Optimizing minerals levels and sources for farm animals. In: **Nutrient Management of Food Animals to Enhance and Protect the Environment**. E. T. Kornegay, Ed. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL., p.259-275, 1996.

SEYEDALI, A.; BERRY, M.J. Nonsense-mediated decay factors are involved in the regulation of selenoprotein mRNA levels during selenium deficiency. **RNA Society**, v.20, p.1248–1256, 2014.

SOHRIN, Y.; BRULAND, K.W. Global status of trace elements in the ocean. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v.30, p.1291-1307, 2011.

SUN, H.-J.; RATHINASABAPATHI, B.; WU, B. et al. Arsenic and selenium toxicity and their interactive effects in humans. **Environment International**, v.69, p.148-158, 2014.

SELE, V.; ØRNSRUD, R.; PREGUIÇA, J.J. et al. Selenium and selenium species in feeds and muscle tissue of Atlantic salmon. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v.47, p.124-133, 2018.

SCHRAUZER, G.N. "The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine." *Advances in food and nutrition research*, v.47, p.73-112, (2003).

SURAI, P.F. *Selenium in nutrition and health*. Vol. 974. Nottingham: Nottingham university press, 2006.

SURAI, P.F. *Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction*. Nottingham: Nottingham University Press, 2002.

STEFFENS, W. et al. **Principles of Fish Nutrition**. Ellis Horwood Limited, 1989.

TAKAHASHI L.S.; BILLER-TAKAHASHI J.D.; MANSANO C.F.M. et al. Saita, Long-term organic selenium supplementation overcomes the trade-off 538 between immune and antioxidant systems in pacu (*Piaractus mesopotamicus*), Fish 539. **Shellfish Immunol**, v.60 p.311–317, 2017.

TAKAHASHI, L.S.; BILLER-TAKAHASHI, J.D.; MANSANO, C.F.M. et al. Long-term organic selenium supplementation overcomes the trade-off between immune and antioxidant systems in pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Fish and Shellfish Immunology**, 2016.

TAKAHASHI, J.S. Transcriptional architecture of the mammalian circadian clock. **Nature Reviews Genetics**, v. 18, n. 3, p. 164, 2017.

VENDELAND, S. C., et al. "Uptake of selenite, selenomethionine and selenate by brush border membrane vesicles isolated from rat small intestine." *Biometals*, v.7, n.4, p.305-312, (1994).

VINCENT, J-L.; FORCEVILLE, X. Critically elucidating the role of selenium. **Current Opinion in Anesthesiology**, v. 21, n. 2, p. 148-154, 2008.

VAN DER OOST, R.; BEYER, J.; VERMEULEN, N.P.E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 13, n. 2, p. 57-149, 2003.

WANG, L.; ZHANG, X.; WU, L. et al. Expression of selenoprotein genes in muscle is crucial for the growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets supplemented with selenium yeast. **Aquaculture**, 2018.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Trace minerals in fish nutrition. **Aquaculture**, v.151, n.4, p: 185-207, 1997.

WANG, W.; MAI, K.; ZHANG, W. Dietary requirement of selenium and its toxicity in juvenile abalone *Haliotis discus hannai* Ino. **Aquicultura**, p.42 – 46, 2012.

YAMASHITA, M.; YAMASHITA, Y. Selenoneine in marine organisms. In: Kim, S.-K. (Ed.), *Springer Manual of Marine Biotechnology*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 1059-1069, 2015.

YAMASHITA, Y.; YABU, T.; YAMASHITA, M. Discovering the strong antioxidant selenonein in the metabolism of selenium tuna and redox, *World Journal of Biological Chemistry*, n.1, pp. 144 – 150, 2010.

ZHOU, X.; WANG, Y.; GU, Q.; LI, W. Effects of different dietary selenium sources (selenium nanoparticle and selenomethionine) on growth performance, muscle composition and glutathione peroxidase enzyme activity of crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). **Aquaculture**, v.291, p.78-81, 2009.

ZHAN, X.A.; WANG, M.; ZHAO, R.Q.; LI, W.F.; XU, Z.R. Effects of different selenium source on selenium distribution, loin quality and antioxidant status in finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, 132:202–211, 2007.

ZHAN, X et al. A high-mobility electron-transport polymer with broad absorption and its use in field-effect transistors and all-polymer solar cells. **Journal of the American Chemical Society**, v.129, n. 23, p.7246-7247, 2007.

ZHANG, H.; FENG, X.B.; CHAN, H.M. et al. New insights into traditional health risk assessments of mercury exposure: implications of selenium. **Environmental Science & Technology**, v.48, p.1206-1212, 2014.